Analyse, modélisation et implémentation de stratégies d'assistance : déploiement d'orthèses cognitives pour les activités instrumentales de la vie quotidienne des traumatisés crâniens

par

Marisnel Carolina Olivares Amaro

thèse présentée au département d'informatique
en vue de l'obtention du grade de docteur ès sciences (Ph.D.)

FACULTÉ DES SCIENCES
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

en cotutelle avec

IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire,
sous le sceau de l'Université européenne de Bretagne

Sherbrooke, Québec, 15 mai 2017
Brest, France, 14 février 2017

Composition du jury

Le 15 mai 2017, le jury a accepté le mémoire de
Madame Marisnel Carolina Olivares Amaro dans sa version finale.

Prof. Jean-Yves Antoine
Université François Rabelais, France
Président — rapporteur

Prof. Jean Charlet
École Centrale Paris, France
Rapporteur

Prof. Sylvain Giroux
Université de Sherbrooke, Canada
Directeur de thèse — examinateur

Prof. Pierre De Loor
École Nationale d'Ingénieurs de Brest, France
Examinateur

Prof. Carolina Bottari
Université de Montréal, Canada
Examinatrice

Directeur d'études André Thépaut
IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire, France
Examinateur

MdC (HDR) Brigitte Le Pévédic
Université de Bretagne-Sud (UBS), France
Examinatrice

Prof. Hélène Pigot
Professeure, Université de Sherbrooke, Canada
Examinateur

Résumé

De nos jours, les traumatismes cranio-cérébraux (TCC) sévères sont considérés comme un problème de santé publique au plan mondial. En effet, un TCC sévère engendre des répercussions importantes dans la vie des personnes l'ayant subi. Ces répercussions sont liées aux dysfonctionnements cognitifs, émotionnels et comportementaux. Ces troubles occasionnent une baisse, souvent très importante, de leur indépendance dans la réalisation des Activités Instrumentales de la Vie Quotidienne (AIVQ), telles que préparer un repas, gérer ses finances, utiliser son téléphone, conduire une automobile, faire des achats, etc. Très souvent, les personnes ayant subi un TCC sévère doivent retourner vivre au sein de leur domicile malgré les grandes difficultés liées à leur état. Les TCC sévères ressentiront très souvent le besoin d'assistance pour la réalisation des AIVQ.

Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'un grand projet de recherche financé par les Instituts de recherche en santé du Canada et le Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada (CRSNG). En particulier, le Projet de Recherche Concertée sur la Santé (PRCS). L'objectif de cette thèse, au sein de ce projet, consiste à concevoir, représenter, formaliser et implémenter une structure d'assistance cognitive contextuelle et adaptative selon le profil des personnes atteintes de TCC sévère pour la réalisation des AIVQ. Cette assistance favorisera leur indépendance dans la réalisation des AIVQ au sein de leur domicile. La conception de cette assistance cognitive numérique implique un travail interdisciplinaire entre l'ergothérapie et l'informatique, afin de passer de la pratique d'assistance fournie par des cliniciens à la formulation formelle et à l'implémentation. Cette conception s'appuie sur une démarche de conception participative qui sollicite principalement les résidents d'un milieu d'hébergement alternatif domotisé.

Les contributions de ce travail sont :

1. L'identification des répercussions des dysfonctionnements cognitifs, émotionnels et comportementaux dans la réalisation d'AIVQ des personnes atteintes d'un TCC, afin de concevoir une orthèse cognitive qui sera adaptée aux besoins d'assistance de chaque utilisateur de ce projet, appelé résident ;
2. La formalisation d'une structure d'assistance cognitive adaptative selon le profil du résident et selon le contexte de réalisation de l'AIVQ, afin d'agencer le processus d'assistance cognitive automatiquement au sein de son domicile ;
3. La définition d'un mécanisme d'assistance préventive lors de l'apparition de dangers potentiels pendant la réalisation d'une AIVQ ;

4. La conception d'une architecture logicielle générique, pour la construction d'orthèses cognitives sensibles au contexte, qui intègrent une communication à base de connaissances entre ses sous-systèmes.

Ces contributions représentent les quatre principaux axes de recherche de cette thèse. Chacun d'eux a fait l'objet d'un article scientifique :

1. Le premier article présente la création des personnages TCC fictifs, afin de regrouper les traits caractéristiques de la population TCC sévère. Nous utilisons la méthode de conception par *personæ* comme technique centrée sur les utilisateurs. Nous cherchons à mieux comprendre les caractéristiques de la population TCC sévère et à anticiper les besoins d'assistance afin d'offrir une assistance cognitive mieux adaptée aux besoins de la diversité de profils des utilisateurs.
2. Le deuxième article décrit la création d'un ***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive.*** Ce modèle articule les différents composants requis pour la gestion du processus de réadaptation cognitive. Un composant important de ce modèle est le « ***plan d'intervention*** ». Il est réifié dans notre proposition comme un modèle générique et personnalisable d'assistance cognitive pour soutenir la réalisation des AIVQ au sein du domicile. L'assistance proposée par ce modèle, que nous avons nommé ***modèle d'assistance cognitive***, est centrée sur le profil des personnes atteintes de TCC sévère. Pour cela, nous utilisons la logique de description comme formalisme de représentation de connaissances du domaine d'application et le formalisme de planification « *Hierarchical Task Network (HTN)* » comme moyen pour opérationnaliser l'aspect causal et temporel de l'assistance à offrir.
3. Le troisième article porte sur la définition d'un ***modèle d'assistance préventive***. Ce modèle vise la prévention des situations potentielles de danger, auxquelles un résident pourrait être exposé lors de la réalisation d'une AIVQ. Nous utilisons à nouveau la *logique de description* et le formalisme de planification *HTN*. Nous souhaitons offrir une assistance personnalisée correspondant à l'utilisation de différents effecteurs (signalisation, interruption, temps et intensité des avertissements, etc.). Cette personnalisation est également réalisée en fonction du profil du résident. Nous proposons un mécanisme de gradation de l'assistance dans le temps pour prévenir progressivement l'utilisateur de l'apparition d'un danger et lui donner l'opportunité de résoudre le problème avant que le système ne se déclenche.
4. Le quatrième article détaille la conception d'une ***architecture logicielle générique pour la gestion d'assistance cognitive sensible au contexte***. En effet, cette architecture décrit les composants informatiques nécessaires pour le développement des orthèses cognitives. Ces orthèses ont été conçues comme un système distribué qui est composé de quatre sous-systèmes (Assistance, Gestion

du Contexte, Supervision et Communication). Cette architecture permet la gestion décentralisée du processus d'assistance cognitive. Pour ce faire, nous utilisons le style architectural multicouche, ainsi qu'un protocole de communication à base de connaissances entre les sous-systèmes de l'orthèse.

En matière d'outils, ce travail s'appuie sur le « *Web Ontology Language (OWL 2)* », l'interface de programmation applicative en Java « *JENA* » et le service web « *REST* ». Ces outils permettent de créer et de manipuler le graphe d'assistance cognitive propre à un résident, ainsi qu'à établir la communication et l'échange de données entre les sous-systèmes de l'orthèse. Une des originalités de cette thèse est de passer de l'expression informelle des *personæ*, et des assistances propres au domaine de l'ergothérapie, à une formalisation à l'aide de techniques d'intelligence artificielle, permettant une traduction vers une assistance automatique, relevant du domaine de l'informatique. Ce travail établit les fondations pour la construction d'une assistance cognitive adaptative pour les personnes atteintes de TCC sévère. L'utilisation des modèles d'assistance cognitive proposés permettra la conception de mécanismes d'assistance plus complexes dirigés vers l'adaptation dynamique de l'assistance cognitive, modulée au fil des erreurs ou des changements du contexte liés à la réalisation d'une AIVQ.

Remerciements

Je tiens à remercier mes directeurs et codirecteurs de thèse, Sylvain Giroux, Pierre De Loor, Carolina Bottari, André Thépaut et Brigitte Le Pévédic pour leur précieuse contribution à ma formation, leur disponibilité, ainsi que pour leur confiance à mon égard.

Un grand merci aux membres du projet, de la résidence alternative et du Centre de Réadaptation Estrie (CRE) pour les moments d'échange consacrés pour la recherche du bien-être des résidents. Je tiens à remercier les membres du laboratoire Domus et l'équipe IHSEV (Interaction Humain Système et Environnement Virtuel) du laboratoire Lab-STICC pour les échanges professionnels et aussi pour tous les moments de convivialité vécus. Une mention spéciale à Armelle Lannuzel, Mayte Segarra, Serge Garlatti et Ioannis Kanellos pour leur soutien inconditionnel.

J'adresse également toute ma reconnaissance à mes rapporteurs Jean-Yves Antoine et Jean Charlet pour leurs commentaires constructifs et critiques pertinentes.

Je tiens à remercier infiniment à toute ma famille au Venezuela, spécialement mes parents, Maria Susana et Nelson, ma grand-mère, Hilda, mon Frère Nelson Andrés pour tout le soutien et l'inspiration qu'ils ont su m'apporter. Merci également à ma famille en France, Samuel et Carmen, Maria et Antonio, Madeleine et Anne. Au Canada, Marc et Agnès, Angela U. et Angela P. de m'avoir accueillie avec beaucoup d'amour.

Merci à mes chères amies « perles rares », Romina, Sarobidy, Tania, Mariana, Ingrid, Sabrina, Stella et Soukayna pour tout leur soutien et leur amour inconditionnel. À mes collègues de travail devenus amis, Julie, Simona, Ahmed, Souheir, Mai, Jean-Christophe, Isabel, Santiago et Fahad, pour chaque moment partagé. À Olivier Jacob de s'être investi pour que j'apprenne à jouer le piano pendant ma dernière année de thèse.

Table des matières

Liste des abréviations

TCC	Traumatisme Cranio-Cérébral
AIVQ	Activité Instrumental de la Vie Quotidienne
PAI	Profil des Activités Instrumentales
HTN	Hierarchical Task Network
AT	Assistive Tecnology
COOK	Cognitive Orthosis for coOKing

Liste des tableaux

Table des figures

Introduction

Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'une recherche sur la conception des technologies d'assistance cognitive ou orthèse cognitive [1]. Les personnes atteintes de déficits cognitifs bénéficieront de plus en plus de ces technologies pour la réalisation des Activités Instrumentales de la Vie Quotidienne (AIVQ). Durant ce travail, une attention particulière a été menée sur l'étude et la modélisation des interventions cognitives qui se sont révélées efficaces dans la pratique clinique de la réadaptation cognitive.

Contexte de la recherche

Les traumatismes cranio-cérébraux (TCC) sont devenus un problème de santé publique mondial car ils sont considérés comme l'une des principales causes de décès et d'invalidité au plan mondial [2], [3], [4], [5]. Sur une population de 100 000 personnes, les incidents rapportés par an sont d'environ 350 au Canada [6], 250 dans l'Union Européenne, 100 aux Etats-Unis, 50 en Chine, 350 au Brésil et 300 en Afrique du Sud [7] (Figure 1).

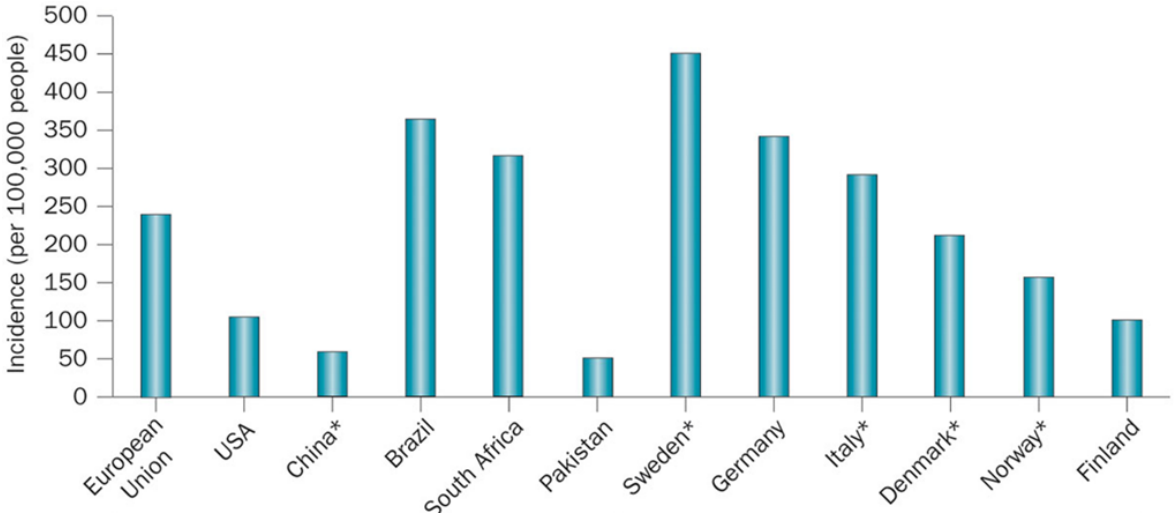


FIGURE 1 – Principale incidence des TCC au monde, basé sur Roozenbeek et al. (2013).

Parmi les principales causes avérées de TCC, on trouve les accidents de la route (45%), les chutes (30%), les accidents de travail (10%), les accidents de sport et loisirs (10%) et les agressions physiques (5%) [8]. Un TCC est classifié selon la sévérité du traumatisme vécu [8], [9], [10] selon qu'il est léger, modéré et sévère. Un TCC sévère entraîne un ensemble de conséquences dans la vie de ses personnes, telles que des dysfonctionnements

cognitifs, émotionnels et comportementaux (Annexe A). Les personnes souffrant de ces dysfonctionnements sont souvent exposées à des dangers au sein même de leur domicile. Pour cette raison, les TCC sévères devront souvent résider dans un centre d'hébergement de longue durée, dans le domicile d'un membre de la famille ou d'un proche.

Dans cette thèse, nous nous focalisons sur la population TCC sévère qui souffre souvent de dysfonctionnements cognitifs associés aux fonctions exécutives occasionnées par une lésion du lobe frontal [11], [12], [13]. Ces dysfonctionnements peuvent affecter leur indépendance dans la réalisation des AIVQ [14]. De ce fait, de nombreuses personnes ayant subi un TCC sévère nécessitent un besoin d'assistance constant afin d'initier, de réaliser ou de compléter leurs AIVQ. Ce besoin d'assistance impacte considérablement l'autonomie de la personne atteinte d'un TCC, mais cela représente également une charge pour les aidants.

Le rôle de l'ergothérapie pour le soutien de personnes atteintes de déficits cognitifs

L'ergothérapie a un rôle essentiel pour favoriser l'indépendance de personnes atteintes de troubles cognitifs dans la réalisation des AIVQ. Un ergothérapeute pourra chercher les moyens cognitifs appropriés pour permettre à une personne de pallier certains dysfonctionnements cognitifs. Voici une définition permettant de cerner le domaine :

> « L'ergothérapie est l'art et la science de faciliter la participation à la vie quotidienne, et ce, à travers l'occupation ; l'habilitation des gens à effectuer les occupations qui favorisent la santé et le bien-être ; et la promotion d'une société juste et n'excluant personne afin que tous puissent participer de leur plein potentiel aux activités quotidiennes de la vie » (Townsend & Polatajko, 2013, p. 441) [15].

La pratique de l'ergothérapie s'inscrit généralement dans un programme de réadaptation cognitive. En effet, ce programme est constitué de plusieurs séances de réadaptation cognitive pendant lesquelles la personne apprend à utiliser un ensemble d'interventions cognitives, ou actions spécialisées sélectionnées par une thérapeute pour faciliter la réalisation d'une tâche, dans le but de réaliser une AIVQ. Néanmoins, après avoir bénéficié de ces séances, la personne atteinte d'un TCC sévère, et son aidant, devront gérer de manière autonome l'utilisation des interventions cognitives. Cette gestion est un processus complexe et difficile à administrer, car elle dépend de nombreux paramètres (fatigue, gestion du temps, distracteurs environnementaux, etc.). La gestion de ces interventions cognitives devra prendre en compte l'apparition de ces paramètres tout au long de la réalisation de l'AIVQ. Les difficultés les plus fréquentes que nous avons observées chez les TCC sévères sont :

— La carence de supervision et d'expertise de l'aidant pour veiller sur la bonne utilisation des interventions cognitives apprises ;
— La surprotection des aidants pour empêcher la frustration de la personne atteinte d'un TCC sévère. Cette surprotection peut se manifester par la réalisation des étapes de l'AIVQ à la place de la personne ;
— Le TCC sévère est gêné par le fait de se faire répéter régulièrement des consignes par l'aidant ;
— L'abandon de l'AIVQ pour des raisons émotionnelles telles que la frustration, l'impatience, la colère, etc.
— Pour pallier ces difficultés, l'ergothérapeute pourrait bénéficier des technologies d'assistance pour le suivi automatique de réalisation des AIVQ au sein du domicile. Ces technologies permettront, par exemple, de reconnaitre les problèmes souvent rencontrés par un TCC lors de l'exécution des AIVQ, afin d'adapter l'assistance cognitive.

Pour le suivi de réalisation d'AIVQ au domicile l'ergothérapie pourrait bénéficier avantageusement :

1. Des technologies d'assistance qui permettent d'adapter les interventions cognitives au profil de TCC sévères et en fonction de résultats de réalisations précédents d'AIVQ.

2. D'un guide d'exécution de l'AIVQ qui s'appuie sur des interventions cognitives adaptées au profil de la personne et du suivi des actions réalisées en accord avec le guide fourni.

3. D'assistance cognitive pour prévenir les situations potentielles de danger auxquelles un TCC pourrait être exposé lors de la réalisation d'une AIVQ.

La solution proposée

Malgré l'évolution des technologies d'assistance, celles-ci ne sont pas complètement adaptées aux difficultés fonctionnelles des personnes ayant subi un TCC sévère [16]. En effet, les variétés d'incapacités cognitives et de contextes environnementaux rendent l'assistance automatique très complexe. Nous posons l'hypothèse que l'apport de la sensibilité au contexte (*context awareness*) [17], grâce à ses ressources pour adapter l'assistance en fonction des changements de contexte, ainsi que la définition formelle des problèmes cognitifs de la population TCC, pourrait être une piste favorable à la résolution de cette problématique.

Hypothèse

Les structures logicielles ou modèles développés dans cette thèse seront interprétés par un système de gestion des interactions (Interface Humain - Machine (IHM)) et un système de reconnaissance d'activités, afin d'offrir une assistance cognitive contextuelle et adaptée au profil d'une personne atteinte de TCC sévère pour la réalisation des AIVQ.

En ce sens, un projet novateur réalisé en collaboration avec le Centre de Réadaptation Estrie (CRE) dans la ville de Sherbrooke (Canada) a permis de mettre en place l'infrastructure d'un habitat intelligent dans une résidence alternative dédiée aux personnes ayant subi un TCC sévère. Ce projet permet d'envisager la création et le déploiement de technologies d'assistance cognitive innovantes, afin de favoriser l'autonomie des résidents au quotidien et aussi d'améliorer leurs conditions de vie. Partant de ce fait, une étude des besoins [18], réalisée dans cette résidence, a permis d'identifier la préparation de repas comme étant une activité prioritaire à accompagner par une orthèse cognitive.

Notre thèse s'inscrit dans le cadre du programme conjoint Projet de Recherche Concertée sur la Santé (PRCS) des Instituts de Recherche en Santé du Canada (IRSC) et du Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada (CRSNG). Le PRCS a été principalement développé au sein du laboratoire Domus de l'Université de Sherbrooke. Ce projet a débuté en avril 2013 et s'est terminé en mars 2017.

Objectif

Objectif du PRCS

L'objectif général du PRCS est de permettre aux personnes atteintes d'une TCC sévère de réaliser des AIVQ de manière indépendante et sécurisée au sein de leur domicile. Le principe fondamental de notre recherche consiste à structurer l'assistance cognitive afin de guider et de superviser les actions d'une personne atteinte d'un TCC dans la réalisation d'une AIVQ. Néanmoins, la population TCC sévère présente généralement une vaste diversité des dysfonctionnements cognitifs. Cette diversité implique que chaque personne atteinte de TCC sévère nécessite un certain type d'assistance cognitive en particulier. Ainsi, l'adaptation se fera en fonction de divers facteurs, comme le profil de l'utilisateur, la fatigabilité, les distracteurs, la présence d'autres personnes dans l'habitat, etc.

Sur le plan informatique, l'objectif du PRCS consiste à concevoir, développer, déployer et évaluer une orthèse cognitive ambiante d'aide à la réalisation des AIVQ. Cette orthèse se focalisera plus particulièrement sur la préparation de repas, afin de pallier les déficits cognitifs des occupants de la résidence alternative accueillant des personnes ayant subi

un TCC sévère. Il s'agit d'un travail collaboratif, qui s'appuie sur la participation de nombreux acteurs (usagers, intervenants, professionnels cliniques, administrateurs) et sur l'interdisciplinarité (informaticiens, ergothérapeutes, orthophonistes, chercheur en psychologie de la santé, etc.).

Objectif de la thèse

L'objectif de notre thèse consiste à concevoir, représenter, formaliser et implémenter une structure d'assistance cognitive contextuelle et adaptative selon le profil des personnes atteintes de TCC sévère pour la réalisation des AIVQ.

Cette assistance favorisera leur indépendance dans la réalisation sécurisée des AIVQ au sein de leur domicile. La conception de cette structure d'assistance cognitive numérique implique un travail interdisciplinaire entre l'ergothérapie et l'informatique qui formalisera l'assistance et permettra de la rendre dynamique et automatisée.

Cet objectif général a été décomposé en trois objectifs spécifiques :

1. Identifier les répercussions des dysfonctionnements cognitifs, émotionnels et comportementaux dans la réalisation d'AIVQ des personnes atteint d'un TCC, afin de créer un profil occupationnel qui sera adapté aux besoins d'assistances particulières de chaque utilisateur de ce projet, désormais appelé résident ;
2. Formaliser une structure d'assistance cognitive adaptative selon le profil du résident et selon le contexte de réalisation de l'AIVQ, afin d'agencer le processus d'assistance cognitive automatiquement au sein de son domicile ;
3. Définir un mécanisme d'assistance préventive lors de l'apparition de dangers potentiels pendant la réalisation d'une AIVQ.
4. Concevoir une architecture logicielle générique pour la construction d'orthèses cognitives sensibles au contexte qui intègrent une communication à base de connaissances entre ses sous-systèmes.

En effet, le passage de la pratique de réadaptation cognitive, fournie par des cliniciens, à l'énonciation formelle permettra d'obtenir une implémentation technologique capable de faire évoluer l'assistance cognitive en synergie avec le contexte et le profil de l'utilisateur.

Méthodologie

Dans ce travail de recherche, nous utilisons la recherche appliquée dans le domaine de l'informatique comme un moyen pour répondre à une limitation détectée dans le domaine de l'ergothérapie, qui consiste à appliquer en continuité un processus de réadaptation d'une personne au sein de son domicile.

Pour ce faire, une connaissance approfondie des pratiques cliniques réalisées en ergothérapie, plus particulièrement dans la pratique de réadaptation cognitive, a été nécessaire afin de concevoir des modèles d'assistance génériques et personnalisables pour répondre aux besoins d'assistance fréquemment trouvés dans la population TCC sévère.

Ces modèles fondés sur des interventions cognitives qui se sont révélées efficaces dans la pratique clinique permettront de construire des orthèses cognitives qui appliquent en continuité le processus de réadaptation au sein du domicile de la personne.

La méthodologie de cette thèse s'est déroulée en quatre phases : l'acquisition des connaissances, la représentation des connaissances, l'implémentation et la validation. À partir de la phase de représentation des connaissances, une approche de conception participative a été adoptée pour mener à bien notre projet. Cette approche a impliqué tout au long du processus de conception de l'orthèse cognitive, les utilisateurs finaux, leurs proches, le personnel administratif et professionnel de la résidence et du Centre de Réadaptation Estrie, Sherbrooke (Canada). En travaillant en conception participative, nous avons pu mieux cerner les fonctionnalités requises par l'orthèse.

Structure de la thèse

Cette thèse est structurée en six chapitres.

L'introduction présente la problématique de recherche, centrée sur l'assistance cognitive pendant la réalisation des AIVQ, la population ciblée, les personnes ayant vécu un TCC et la solution proposée, une orthèse cognitive d'aide à la préparation de repas. Par ailleurs, les objectifs de notre recherche et les approches méthodologiques utilisées sont également présentés.

Le chapitre 1 expose l'état des connaissances qui soutiennent cette recherche. Il permet de positionner scientifiquement ce travail par rapport aux travaux existants dans le domaine des technologies d'assistance. L'état des connaissances permet également d'identifier les enjeux de recherche à aborder.

Le chapitre 2 présente la méthodologie suivie pour la réalisation de cette thèse. La méthodologie s'appuie sur quatre phases : acquisition des connaissances, représentation des connaissances, implémentation et validation. Ces phases nous ont permis d'atteindre nos objectifs.

Le chapitre 3 présente la phase d'acquisition des connaissances. Cette phase est illustrée par le premier article constituant cette thèse qui décrit le processus de création des personnages TCC fictifs. Nous utilisons la méthode de conception par *personæ* comme technique de conception centrée sur les utilisateurs. Cette méthode a permis de cerner et de mieux comprendre les caractéristiques de la population TCC sévère et d'anticiper leurs besoins d'assistance, pour offrir une assistance cognitive mieux adaptée à la diversité de leurs profils.

Le chapitre 4 présente la phase de représentation des connaissances. Le second article constituant cette thèse détaille cette phase. Il décrit le processus de création d'un ***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive***. Ce modèle définit et articule les différents composants requis pour la gestion du processus de réadaptation cognitive. Un composant important de ce modèle est le « *plan d'intervention* ». Il est réifié dans notre proposition comme un modèle générique et personnalisable d'assistance cognitive pour soutenir la réalisation des AIVQ au sein du domicile. L'assistance proposée par ce modèle, que nous avons nommé « ***modèle d'assistance cognitive*** », est centrée sur le profil des personnes atteintes de TCC sévère. Un arbre d'assistance peut être généré, éventuellement automatiquement, à partir de ce modèle. L'arbre définit alors la structure d'une assistance adaptée aux besoins particuliers d'un résident. Pour cela, nous utilisons la logique de description comme langage de représentation des connaissances du domaine d'application et le formalisme de planification « *Hierarchical Task Network* (HTN) » comme moyen pour opérationnaliser l'aspect causal et temporel de l'assistance à offrir.

Le chapitre 5 poursuit la description de la phase de représentation des connaissances. Le troisième article constituant cette thèse détaille le processus de création d'un modèle générique et personnalisable d'assistance cognitive. Le modèle vise la prévention des situations potentielles de danger auxquelles un résident pourrait être exposé lors de la réalisation d'une AIVQ. Nous utilisons à nouveau la logique de description et le formalisme de planification HTN. Cette approche permet d'offrir une assistance personnalisée structurant l'utilisation de différents effecteurs (signalisation, interruption, temps et intensité des avertissements, etc.) en fonction du profil et des préférences d'interaction du résident. Nous proposons un mécanisme de gradation de l'assistance dans le temps pour prévenir progressivement l'utilisateur de l'apparition d'un danger et lui donner l'opportunité de

résoudre le problème avant qu'un système, dédié à veiller à la sécurité des personnes, n'intervienne.

Les modèles présentés dans les Chapitres 4 et 5 ont été implémentés dans le langage OWL 2 « *Web Ontology Language* » et le cadriciel « *JENA* » pour exploiter les connaissances OWL en JAVA « *JENA* ». Ces outils permettent de créer et de manipuler le graphe d'assistance cognitive propre à un résident.

Le chapitre 6 présente la phase d'implémentation. Le quatrième article constituant cette thèse décrit cette phase. Il présente le processus de conception d'une architecture générique pour la création des orthèses cognitives. Le rôle de chaque composant de l'architecture y est également défini, ainsi que le protocole de communication qui les relie.

La conclusion met en évidence les principales contributions de cette thèse, en particulier trois modèles génériques et personnalisables d'assistance. Le premier modèle permet de réaliser la gestion du processus de réadaptation cognitive. Le deuxième modèle représente l'assistance cognitive pour soutenir la réalisation des AIVQ. Le troisième modèle sert à la prévention des situations potentielles de danger auxquelles un résident pourrait être exposé lors de la réalisation d'une AIVQ. Une orthèse d'aide à la préparation de repas a été développée en nous appuyant sur ces modèles. Elle a été déployée dans le milieu de vie réel de trois utilisateurs. Les limites, les travaux futurs et les perspectives de notre recherche sont également énoncés dans cette ultime partie.

Chapitre 1

Revue de la littérature

Cette étude porte sur la conception et l'implémentation d'une orthèse cognitive sensible au contexte. Cette orthèse est destinée à offrir un soutien cognitif aux adultes ayant subi un traumatisme cranio-cérébral (TCC) sévère lors de la réalisation des Activités Instrumentales de la Vie Quotidienne (AIVQ) telles que préparer un repas, gérer ses finances, faire des achats, etc. [14].

Cette revue de littérature explore les :

- Cadres théoriques et sources d'information en ergothérapie. Plus précisément, en cognition et réadaptation cognitive ;
- Technologies d'assistance cognitive ;
- Cadres théoriques et sources d'information en informatique. Plus précisément, l'approche de conception logicielle et le formalisme de représentation des connaissances et les techniques d'intelligence artificielle (IA).

La compréhension des fondements théoriques de la pratique en ergothérapie nous a permis de sélectionner les techniques d'IA à utiliser pour formaliser l'assistance cognitive à fournir par l'orthèse. Nous présenterons cette revue de littérature en trois parties.

En premier lieu, nous allons aborder l'assistance cognitive pour les TCC ***du point de vue de l'ergothérapie***. Nous exposerons les cadres théoriques plus fréquemment utilisés dans ce domaine clinique, afin de comprendre les principes de base de la réadaptation cognitive.

En deuxième lieu, nous allons présenter les ***technologies d'assistance*** destinées au soutien cognitif. Nous présenterons les technologies d'assistance cognitive développées jusqu'à présent, afin de mettre en évidence les progrès technologiques réalisés en matière d'assistance cognitive.

Pour finir, nous exposerons la méthode de conception logicielle qui a guidé notre étude. Nous présenterons les techniques d'IA adoptées pour la formalisation de l'assistance cognitive proposée dans cette thèse. Nous allons également étudier la théorie des actes de langage. Nous montrerons les principes d'encodage des énonciations de phrases proposés

dans cette théorie, afin d'inspirer l'encodage de la communication entre l'orthèse cognitive et les utilisateurs, ainsi qu'entre les différents sous-systèmes constituant cette orthèse (Communication, Assistance, Supervision et Gestion du Contexte). Ces sous-systèmes sont présentés au Chapitre 6.

1.1 Cadres théoriques et sources d'information en ergothérapie

L'étude des cadres théoriques et des sources d'information en ergothérapie représente l'un des **piliers fondamentaux de ce travail de recherche** permettant de comprendre les principes de base de la réadaptation cognitive destinée aux personnes atteintes d'un TCC. En effet, nous présenterons en premier lieu, une définition et une description générale du TCC. Nous présenterons en particulier l'impact cognitif et comportemental occasionné par les séquelles d'un TCC dans la vie quotidienne. En deuxième lieu, nous exposerons des modèles de tâches en ergothérapie. En troisième lieu, nous introduirons des modèles de stratégies d'assistance en ergothérapie. Il est important de souligner que la sélection des cadres théoriques en ergothérapie a été effectuée par l'équipe clinique du projet pilotée par Nathalie Bier et Carolina Bottari.

1.1.1 Le Traumatisme Cranio-Cérébral (TCC)

Cette section présente une définition de TCC et une description générale des principales séquelles d'un TCC vécues par la personne atteinte.

La Société de l'Assurance Automobile du Québec (2003) définit le TCC comme :

> « Traumatisme causant une destruction ou une dysfonction du système nerveux intracrânien.
> ... Pour qu'il y ait traumatisme cranio-cérébral, il faut que le cerveau ait été secoué ou qu'il ait été frappé directement et que les cellules cérébrales ou neurones et leurs prolongements (axones) aient été endommagés. Ces lésions au cerveau entraîneront certaines conséquences» [19] p. 11.

Suite à cette définition, il est pertinent d'identifier les principales causes documentées des traumatismes, parmi lesquelles nous retrouvons : les accidents de la route (45%), les chutes (30%), les accidents de travail (10%), les accidents de sport et loisirs (10%) et les agressions physiques (5%) [8].

L'un des éléments distinctifs de la population TCC est déterminé par la sévérité du traumatisme subi par la personne. Cette sévérité du traumatisme est fréquemment classi-

fiée en trois grandes catégories : légère, modérée et sévère [8],[9], [10]. Elle est déterminée en utilisant des standards de mesures cliniques basés sur : le score initial sur l'Échelle de coma de Glasgow or Glasgow Coma Scale (GCS) [20], la durée de l'amnésie post-traumatique [8], [9], [21], la durée de la perte ou de l'altération de la conscience [22], les lésions cérébrales objectivées par l'imagerie cérébrale par résonnance magnétique (IRM) et la tomographie axiale couplée avec l'ordinateur [8], [9], [22].

Les séquelles vécues par une personne après la survenue d'un TCC peuvent varier en fonction de la sévérité du traumatisme et elles peuvent être permanentes ou non. Suite à ces séquelles, il est fréquent de retrouver des dysfonctionnements :

— Cognitifs : problèmes d'attention et de mémoire, ralentissement de la vitesse de traitement de l'information et déficit des fonctions exécutives [8], [11], [12], [13], [21], [23], [24].
— Comportementaux : impulsivité, désinhibition, agressivité et isolement social [8], [13], [21], [23].
— Expressifs : diminution de la fluidité verbale [12], [13].
— Émotionnels : anxiété, dépression et impatience [8], [21].
— Visuels : faible acuité visuelle et diplopie [8], [12], [13].
— Physiques : faiblesse musculaire, difficultés à la marche et lenteur psychomotrice [8], [12], [13].

Parmi les nombreux types de dysfonctionnement énoncés précédemment, les problèmes les plus fréquents sont liés aux fonctions exécutives. Lezak (1982) définit les fonctions exécutives comme « essentielles pour avoir un comportement indépendant, créatif et socialement constructif. Elles peuvent être conceptualisées en quatre composants, permettant de : 1) Formuler un but ; 2) Planifier ; 3) Réaliser des plans dirigés vers un but et 4) S'assurer de l'atteinte du but » [25]. Elliott (2003) définit également les fonctions exécutives comme des « processus cognitifs complexes qui sont nécessaires pour coordonner plusieurs sous-processus afin d'atteindre un objectif particulier » [26].

Pour cette raison, nous allons nous focaliser sur l'impact occasionné par le dysfonctionnement des fonctions exécutives [27]. Ces dysfonctionnements fréquemment observés sur les personnes atteintes de TCC modéré ou sévère [28] sont souvent occasionnés par une lésion du lobe frontal [11], [12], [13] et sont souvent responsables de la perte d'autonomie d'une personne pour la réalisation des AIVQ.

1.1.2 Les modèles de tâches en ergothérapie

Cette section présente de manière générale l'ergothérapie comme une discipline clinique. Nous montrons également comment elle contribue à identifier et à analyser le

comportement d'une personne atteinte de TCC lors de la réalisation d'une AIVQ.

Townsend et Polatajko (2013) définissent l'ergothérapie comme :

> « L'ergothérapie est l'art et la science de faciliter la participation à la vie quotidienne, et ce, à travers l'occupation ; l'habilitation des gens à effectuer les occupations qui favorisent la santé et le bien-être ; et la promotion d'une société juste et n'excluant personne afin que tous puissent participer de leur plein potentiel aux activités quotidiennes de la vie » [15] p. 441.

Dans cette définition, l'occupation représente toutes les activités que les personnes réalisent au quotidien, telle que faire ses achats, prendre les transports en commun, etc. L'un des rôles des ergothérapeutes consiste à habiliter l'occupation des personnes ayant des déficits cognitifs [29] ; c'est-à-dire offrir un soutien cognitif pour les aider à réaliser une occupation. Pour ce faire, il est indispensable de mesurer de manière précise les difficultés vécues par les personnes, dans notre cas, les personnes atteintes d'un TCC.

Une approche générale du processus thérapeutique

Parmi les différents cadres conceptuels qui guident le processus thérapeutique (américain [30] , canadien [31], etc.), le Cadre Conceptuel du Processus de Pratique Canadien (CCPPC) a été choisi car il adopte une pratique centrée sur le client. En comparaison à d'autres cadres étudiés, le CCPPC est plus précis car il explicite chaque étape de la pratique thérapeutique. Cette démarche est appropriée pour une modélisation informatique. Le CCPPC implique huit points d'action [31] :

1. « Initier établir le contact » établit le premier contact entre le client et l'ergothérapeute. C'est à ce niveau que la décision de s'engager ou de mettre fin au processus de la pratique est prise.
2. « Établir les balises » permet à l'ergothérapeute et au client de préparer le terrain pour le processus de la pratique (spécifier les attentes, cibler les problèmes et les objectifs).
3. « Évaluer et analyser » identifie les facteurs qui peuvent contribuer aux problèmes occupationnels.
4. « Convenir des objectifs » permet de définir les objectifs et le plan d'intervention.
5. « Mettre en œuvre un plan » consiste en la mise en œuvre du plan comme tel.
6. « Faire le suivi et adapter », permet de surveiller si les stratégies choisies sont adéquates pour le client.
7. « Évaluation du résultat » permet d'évaluer les résultats afin de déterminer si les objectifs fixés ont été atteints ou s'il est considéré comme pertinent de revenir au point d'action (4).

8. « Conclure et mettre fin » permet de conclure le processus. L'ergothérapeute et le client prennent la décision commune de poursuivre d'autres objectifs ou bien de mettre fin au processus.

Outils d'évaluation

Il existe divers outils d'évaluation qui permettent de mesurer l'impact des dysfonctionnements exécutifs lors de la réalisation des AIVQ [32], [33], [34]. Nous avons sélectionné le Profil des Activités Instrumental (PAI) [34] car le PAI a été conçu pour mesurer l'indépendance des personnes atteintes d'un TCC lors de la réalisation des AIVQ. Le PAI permet également d'évaluer finement les difficultés sous-jacentes à l'occupation des personnes **dans leur milieu de vie réel**.

Le PAI permet de déterminer l'indépendance des adultes (âgés de 16 à 65 ans), atteints de TCC pour réaliser des AIVQ. C'est un outil qui prend en considération les répercussions des dysfonctionnements exécutifs. Dans l'un des scénarios proposés par cet outil, il est demandé à une personne de préparer un repas pour des invités surprises. L'évaluation implique la réalisation d'une séquence complexe de tâches interdépendantes : mettre ses vêtements d'extérieur, se rendre à l'épicerie, faire des courses, préparer un repas chaud pour ses invités, prendre un repas avec ses invités et ranger après le repas.

Le PAI utilise une approche non structurée et l'inclusion d'activités complexes et nouvelles. Pendant l'évaluation avec le PAI, les fonctions exécutives des personnes évaluées sont généralement sollicitées. Par exemple, lorsque la personne a décidé quel menu préparer, elle doit planifier les achats à réaliser avec un budget limité, éviter d'acheter des produits déjà disponibles à la maison, exécuter diverses activités associées à la préparation du repas, prévoir à quelle épicerie elle ira et décider comment s'y rendre, faire ses achats à l'épicerie en respectant son plan initial et son budget, mettre la table, ranger et nettoyer le plan de travail, détecter et corriger toute erreur en cours de performance et évaluer son atteinte du but initial. Cet outil d'évaluation fournit également une méthode pour l'analyse détaillée des comportements observables. Il permet aussi d'explorer les divers types d'assistance verbale pouvant être requis pour faciliter la réalisation de la tâche.

Les comportements observables de la personne sont analysés en fonction de quatre opérations : 1) Formuler un but : la capacité de la personne à exprimer une solution pour satisfaire un besoin ou résoudre une situation problématique. 2) Planifier : la capacité de la personne à réfléchir avant d'agir aux conditions de départ, à identifier des solutions de rechange, à choisir la solution de rechange la plus adéquate et à élaborer un plan général. 3) Exécuter : la capacité de la personne à amorcer son plan d'action et à poursuivre sa réalisation tout en s'ajustant en fonction des erreurs constatées et des situations nouvelles

ou imprévues, et à modifier son plan en fonction des erreurs perçues et des situations imprévues qui pourront apparaitre lors de l'exécution de la tâche. 4) S'assurer de l'atteinte du but : la capacité de la personne à exécuter une activité comme prévu dans son plan initial et à vérifier si l'objectif initial a été atteint.

En effet, comme le PAI est administré au sein du domicile de la personne ayant subi un TCC, les facteurs environnementaux et sociaux sont aussi pris en considération. Par exemple, au cours de l'évaluation, un membre de la famille ou un proche pourrait interférer inconsciemment dans la réalisation de la tâche afin de réduire la frustration ressentie par la personne ayant subi un TCC lorsqu'elle est confrontée à des problèmes ou des défis particuliers. Cette intervention pourrait occasionner d'autres types des problèmes tels que l'augmentation du risque de désorganisation ou bien la perte de l'objectif de la tâche.

Le processus d'évaluation de l'ergothérapeute pendant l'exécution de la tâche est le suivant : 1) récolte d'informations basées sur l'observation, et 2) analyse des comportements observés selon les grilles d'évaluation du PAI. De plus, une échelle de notation à cinq niveaux (indépendance, indépendance avec difficultés, besoin d'assistance verbale ou physique, besoin d'assistance verbale et physique, dépendance) est utilisée pour donner une note à chaque opération de chaque tâche du PAI.

1.1.3 Les modèles des stratégies d'assistance en ergothérapie

Cette section introduit les fondements de la réadaptation cognitive, ainsi que certaines approches d'intervention cognitive démontrées efficaces dans la pratique clinique (*"evidence-based interventions"*). Ces approches d'intervention cognitive représentent les connaissances qui seront à la base de l'orthèse cognitive. Elles permettront à un ergothérapeute de sélectionner le type approprié d'assistance cognitive à offrir à la personne atteinte d'un TCC.

La réadaptation cognitive

L'objectif principal de la réadaptation cognitive consiste à vouloir réduire les conséquences des déficits cognitifs vécus par une personne suite à un TCC dans ses activités quotidiennes [27]. L'objectif est aussi de maximiser la sécurité dans les activités de la vie quotidienne, son indépendance et sa qualité de vie. En général, le processus de réadaptation est réalisé en deux phases. La première phase inclut une évaluation complète des capacités de la personne à réaliser diverses tâches de la vie quotidienne dans l'objectif d'élaborer un plan d'intervention qui visera à maximiser le niveau d'indépendance de la personne dans ses activités de la vie quotidienne. Ce plan inclut généralement des interventions qui viseront à soutenir ou réadapter les difficultés rencontrées lors de l'évaluation.

La deuxième phase consiste en l'implémentation de ce plan auprès de la personne ayant subi un TCC.

1.1.4 Les approches cognitives

Une approche cognitive est définie par le *Medical Dictionary for the Health Professions and Nursing* (2012), comme :

> « L'utilisation de stratégies pour diriger un processus d'intervention qui est basé sur les résultats souhaités, l'évaluation des données et la démonstration d'efficacité pour promouvoir la santé, établir or restaurer les habilités et fonctions, maintenir le statut existant, apprendre à compenser ou à utiliser des méthodes de travail adaptées, ou pour prévenir de futures situations de handicap ou problèmes connexes. » [35]

Dans cette étude, nous utilisons quatre grandes familles d'approches cognitives : approche de compensation, stratégies métacognitives, approche spécifique à la tâche et la stratégie métacognitive *"Cognitive Orientation to Daily Occupational Performance (CO-OP)"*. Ceci nous permettra d'organiser et de classifier par famille les interventions cognitives à exécuter par les personnes lors de la réalisation d'une AIVQ :

- Approche de compensation : l'entraînement à la compensation permet d'offrir à la personne les outils nécessaires pour l'aider à fonctionner efficacement malgré ses incapacités [27] ;
- Stratégies métacognitives : L'entraînement à la métacognition vise à améliorer la capacité du patient à « internaliser » une connaissance, une conscience et un contrôle sur ses comportements [27] ;
- Approche spécifique à la tâche : l'entraînement à une tâche spécifique en contexte de réadaptation met l'accent sur l'amélioration de la performance d'une personne dans des tâches fonctionnelles spécifiques grâce à une pratique dirigée vers un but et grâce à la répétition. Ainsi, l'accent est mis sur l'entraînement de tâches fonctionnelles spécifiques plutôt que sur l'entraînement à pallier des incapacités à l'origine des difficultés dans les tâches [27] ;
- Stratégie métacognitive (Cognitive Orientation to Daily Occupational Performance (CO-OP)) : l'entraînement amène une personne à utiliser une stratégie métacognitive de résolution de problèmes et à identifier des stratégies pour arriver à atteindre les objectifs qu'elle s'est fixés, la stratégie globale de : But, Plan, Exécution, Vérification est spécifique à la stratégie CO-OP [36].

Les interventions cognitives

Parmi les diverses sources d'information étudiées relatives à l'utilisation des interventions cognitives [27], [37], [38], [39], nous avons privilégié l'utilisation des interventions

cognitives présentées dans Haskins (2012) [27]. Haskins a réalisé une synthèse des interventions cognitives fondées sur des données probantes pour les personnes atteintes d'un TCC. Les donnes probantes sont des données qui ont été validées en pratique clinique.

En règle générale, dans notre modèle informatique, une intervention cognitive appartient à une famille d'approches cognitives. Soulignons toutefois qu'une intervention cognitive peut faire partie de plus d'une approche cognitive. La liste des interventions cognitives privilégiées pour la conception de l'assistance cognitive à fournir pour l'orthèse cognitive est présentée dans le Tableau 1.1.

Intervention cognitive	Description	Référence
Pacing	Les clients éprouvant des problèmes d'attention présentent souvent des problèmes de fatigue ou des difficultés à maintenir leur concentration pendant des périodes de temps prolongées. L'utilisation de la stratégie *Pacing* aide la personne à réguler la réalisation de l'activité en fonction de son rythme et de ses capacités attentionnelles. L'intervention *Pacing* peut prendre plusieurs formes. Elle consiste en des actions qui aident la personne à déterminer le temps qu'elle devrait allouer à diverses activités et comment elle devrait entrecouper ces activités avec les pauses requises, comment distribuer de façon réaliste les activités à réaliser pendant la journée, la possibilité de ne compléter que partiellement certaines tâches, etc. Cette intervention peut aussi prendre la forme de chanter une chanson ou battre un rythme, compter pour soi-même à voix haute, ou taper du pied pour marquer le tempo des actions à réaliser.	Sohlberg et Mateer, (2001) [39] Togglia, (2012) [37]
Orienting	L'Orienting est une procédure utilisée pour les clients qui ont des difficultés d'attention ou de filtrage des distracteurs. L'objectif de cette procédure est d'encourager les clients à superviser leurs activités consciemment. Une pratique commune est d'enseigner aux clients à se poser des questions à des moments précis. Par exemple, un client pourrait être entrainé à répondre aux trois questions suivantes chaque fois qu'une alarme sonne périodiquement : (1) " Qu'est-ce que je suis en train de faire ? " (2) " Qu'est-ce que j'étais en train de faire avant de faire cela ? " (3) " Qu'est-ce que je dois faire après ? ". Si elle est utilisée de manière adéquate, cette routine d'orientation permettra aux clients de ne plus ou de moins éprouver de lacunes d'orientation.	Sohlberg et Mateer, (2001) [39]
Logbook	Un autre problème qui interfère avec le fonctionnement quotidien d'une personne ayant des séquelles cognitives à la suite d'un TCC est la difficulté de changer de tâches (e.g. alterner l'attention d'une tâche à une autre). Afin de gérer cette difficulté, l'individu peut apprendre à prendre rapidement des notes (ou à enregistrer un message vocal) lorsqu'une idée concernant une autre activité lui vient en tête. Les préoccupations qui lui viennent à l'esprit pourront être traitées plus tard, ce qui aidera la personne à concentrer son attention sur la tâche en cours.	Sohlberg et Mateer, (2001) [39]
Time Pressure Management (TPM)	Suite à un TCC sévère, des incapacités dans la vitesse à laquelle la personne traite l'information sont fréquentes. Les patients ayant des lésions cérébrales ressentent alors la sensation de « surcharge d'information », particulièrement lorsque les informations sont présentées rapidement. Les interventions de type TPM constituent un ensemble de stratégies cognitives alternatives qui permettent aux personnes ayant ce type de difficulté de compenser leur lenteur cognitive.	Fasotti et al. (2000) [40]
Routine	Les routines représentent un ensemble d'étapes à suivre définies par un thérapeute (e.g. la routine pour faire la vaisselle : 1. Remplir la moitié de l'évier avec de l'eau chaude. 2. Ajouter le liquide vaisselle à l'eau. 3. Mettre les assiettes sales dans l'eau, etc.).	Sohlberg et Mateer, (2001) [39]
Check-list	L'intervention de type Checklist consiste à présenter une liste d'éléments à vérifier en cours de la réalisation d'une tâche. L'introduction d'une liste de vérification diminue la quantité d'indices et incrémente le nombre de tâches finalisées correctement.	Burke et al. (1991) [41]
Goal Management Training (GMT)	La plupart des personnes ayant subi des lésions au lobe frontal ont des difficultés à réaliser des activités de la vie quotidienne à cause de dysfonctionnements exécutifs. Ces dysfonctions incluent des problèmes à maintenir une action dirigée vers un but, à réfléchir avant d'agir (impulsivité) et à reconnaitre ses erreurs et le fait que ses actions ne sont pas dirigées vers le but. Le Goal Management Training gère ces difficultés à travers l'enseignement, la pratique, la structure narrative et la pratique de prise de conscience. Le GMT comporte six étapes : arrêter, définir la tâche principale, lister les étapes, apprendre les étapes, exécuter la tâche, vérifier les résultats.	Levine, (2015) [42]

TABLE 1.1 – Liste des principales interventions cognitives privilégiées pour la conception de l'assistance cognitive. Ces interventions s'appuient sur les données probantes issues de la recherche en réadaptation.

1.1.5 L'analyse des erreurs observées pendant une AIVQ selon différents cadres conceptuels

La sélection des cadres conceptuels pour analyser les erreurs réalisées par une personne ayant des atteintes cognitives et observées pendant une AIVQ est importante, car ces modèles guideront le développement des orthèses cognitives qui seront développées pour intervenir lorsqu'une personne se retrouvera face à une situation problématique lors de la réalisation d'une AIVQ. Le cadre d'analyse sélectionné devra aussi permettre d'anticiper certains types d'erreurs et de les regrouper, selon de grandes catégories bien définies et d'utiliser les résultats de ces analyses pour déterminer quels types d'interventions cognitives seront les plus appropriées, en fonction du profil cognitif particulier de la personne, afin de l'aider à résoudre une situation problématique qui a été détectée.

En particulier, l'identification des éléments de la tâche réussie ou non par la personne pourra par exemple être réalisée par l'ergothérapeute suite à une évaluation pendant la réalisation d'une AIVQ au sein de son domicile. Cela permettra de déterminer les types d'erreurs les plus fréquemment rencontrées lors de la réalisation de l'activité et, en s'appuyant sur un cadre conceptuel permettant l'analyse des erreurs observées, d'anticiper comment l'orthèse devra réagir en fonction des situations détectées.

Aussi en relation avec la classification et la modélisation des erreurs en ergothérapie, nous avons étudié le modèle du fonctionnement cérébral de Luria [43]. Ce modèle permet d'analyser les erreurs observées lors de l'évaluation avec le Profil des activités instrumentales.

Le modèle du fonctionnement cérébral de Luria

Le modèle de Luria postule que toute activité mentale est organisée hiérarchiquement selon trois unités fonctionnelles :

— L'unité 1 est engagée dans la régularisation des processus métaboliques et les états émotionnels.

— L'unité 2 implique la réception, l'analyse et le stockage de l'information provenant du monde extérieur.

— L'unité 3 concerne la programmation, la régulation et la vérification de toute activité mentale.

Une atteinte de la région préfrontale représente l'un des problèmes les plus fréquents chez les personnes ayant subi un TCC. Cette région est associée à l'unité 3 du modèle de Luria. Ainsi le modèle de Luria pourra aider à identifier la prédisposition des personnes à faire certains types d'erreurs selon les zones lésées de leur cerveau.

Pour l'orthèse cognitive, les erreurs pourront être classifiées en fonction des quatre opérations du PAI (formuler un but, planifier, exécuter, et s'assurer de l'atteinte du but), opérations définies selon le modèle du fonctionnement cérébral de Luria. L'outil de mesure du PAI et son cadre d'analyse des erreurs basé sur le modèle du fonctionnement cérébral proposé par Luria est le plus approprié pour identifier la prédisposition des personnes à commettre des erreurs reliées à la formulation de buts et à la planification d'une activité telle que la préparation d'un repas.

Par exemple, on pourra considérer comme un problème de formulation d'un but si la personne ne propose pas de solutions pour obtenir les aliments requis pour la préparation du repas. La présence de ce type de difficultés sera enregistrée par l'ergothérapeute dans le profil de la personne. La procédure à suivre par l'orthèse cognitive sera alors d'inciter la personne à identifier l'idée d'aller faire des courses à l'aide des actes d'assistance. L'assistance fournie pourrait être du type explicite (message direct) ou implicite (sons, éclairage, message indirect), selon le profil de la personne.

1.2 Technologies d'assistance cognitive

Aujourd'hui, il existe une immense variété des ressources technologiques, telles que les objets connectés, les interfaces tangibles et multimodales, les habitats intelligents, la géolocalisation, etc. Ces technologies nous incitent à concevoir des solutions innovantes qui visent à améliorer la qualité de vie des personnes qui se trouvent limitées à cause de problèmes cognitifs. Les innovations dans ce domaine de recherche sont prometteuses.

Dans ce contexte, certains dispositifs technologiques tels que les téléphones intelligents, les tablettes, les ordinateurs sont devenus ubiquitaires. Ces dispositifs nous aident à gérer notre quotidien, à programmer des alarmes dans des agendas pour le rappel d'évènements importants, etc., mais aussi ils sont amplement utilisés dans le domaine clinique comme moyens de compensation pour les personnes ayant des problèmes cognitifs.

Dans le cadre de notre projet de recherche, nous allons utiliser ces dispositifs devenus omniprésents de façon conjointe avec l'intelligence ambiante, afin de proposer de l'assistance cognitive adaptative en fonction du contexte de la personne pendant la préparation des repas. Nos travaux seront validés dans une résidence alternative dédiée aux personnes ayant vécu un TCC, résidence qui a été transformée en laboratoire vivant grâce à l'implémentation de l'intelligence ambiante dans les appartements (installation et mise en œuvre d'un réseau de capteurs et d'effecteurs) [44].

Selon LoPresti et al. (2004), les technologies d'assistance cognitive offrent aux per-

sonnes atteintes de troubles cognitifs des méthodes pour réaliser des actions souhaitées ou désirées [45]. Ces outils sont des dispositifs destinés à compenser des incapacités cognitives soit en limitant les demandes qui touchent l'incapacité de la personne, soit en modifiant la tâche, soit en modifiant l'environnement afin de faire correspondre aux capacités de la personne. L'objectif d'utilisation de ces outils est de renforcer les capacités résiduelles d'une personne, d'offrir des méthodes alternatives pour l'achèvement des activités, ou de fournir un soutien externe pour accomplir une activité souhaitée.

Cette section porte spécifiquement sur les technologies d'assistance cognitive. Ces technologies représentent un domaine de recherche en plein essor. De nombreuses recherches ont ciblé le développement de ces technologies afin de soutenir les personnes ayant des problèmes cognitifs dans la réalisation de leurs activités de la vie quotidienne [46]. Dans cette perspective, nous allons focaliser cette revue de littérature sur les avancées scientifiques réalisées dans les technologies d'assistance [45] afin de mettre en évidence les progrès de ces technologies en matière d'utilisation, d'adaptabilité de l'assistance cognitive aux divers profils d'utilisateurs et d'évolution du niveau d'usage et de l'acceptabilité.

Dans le but de réaliser des applications d'assistance plus efficaces pour la préparation de repas, s'appuyer sur des informations contextuelles devient essentiel afin d'aider et de comprendre le comportement et les difficultés des personnes avec des troubles cognitifs. Nombreux sont ceux qui utilisent la reconnaissance d'activités et l'indiçage (*smart prompting*) [47], [48], [49], [50], [51], [52]. Certains se sont investis dans l'interaction multimodale dans l'habitat intelligent [53], [54] comme l'utilisation de la reconnaissance de la parole pour naviguer dans une recette [55], [56]. D'autres ont exploré l'utilisation de robots pour offrir de l'assistance cognitive [57], [58], [59] ou de la réalité virtuelle afin d'entrainer les capacités cognitives lors de la préparation de repas [60].

A. Gillespie et al. (2012) présentent dans une revue de littérature systématique quatre-vingt-onze études d'utilisation de technologies d'assistance cognitive pour diverses populations cliniques (Alzheimer, TCC, etc.) [38]. Après leur étude, ils ont classifié les technologies d'assistance en cinq catégories. Cette classification a été définie en accord à la fonction cognitive à soutenir. Pour notre thèse, nous utiliserons l'ensemble de ces catégories dans un seul système. De plus, notre système a l'avantage d'être adaptable aux difficultés fonctionnelles des utilisateurs, de proposer une gradation d'assistance, tout en utilisant des interventions cognitives fondées sur les données probantes [27].

Seelye et al. (2012) se sont inspirés de la recherche sur les fondements théoriques afin de guider le développement de technologies d'assistance cognitive plus efficaces. Plus particulièrement, ils se sont concentrés sur les activités réalisées dans un habitat intelligent

afin de prendre en considération le contexte dans lequel une activité se déroule [47]. Dans le but d'aider les personnes qui ont des difficultés d'initiation ou de finalisation d'une tâche, ils ont démontré que l'utilisation du cadre de référence de la théorie cognitive de réadaptation (CRT) a le potentiel d'aider ces personnes à vivre avec un haut degré d'indépendance tout en diminuant la lourdeur de la surveillance offerte par des proches ou des aidants professionnels.

Coronato et al (2013) focalisent leur attention sur la détection de situations (*situation awareness*) qui pourraient mettre en danger les utilisateurs ayant des problèmes cognitifs dans la cuisine [61]. Leur solution ne prend pas en considération les actions à réaliser par un utilisateur suite à la détection d'une situation liée à la sécurité. Notre solution permet à la personne d'identifier et de gérer certaines situations critiques. Ceci est réalisé par des procédures décrites dans une « boîte à outils [1] » (e.g. actions à tenir en cas de brûlure, de coupure, etc.). Ces procédures sont mises à la disposition des résidents pendant la réalisation de l'activité. Les ergothérapeutes sont responsables de l'apprentissage de la « boîte à outils » par résidents.

1.3 Les orthèses cognitives

Cette section s'intéresse à introduire les orthèses cognitives, ainsi qu'à présenter divers travaux de recherche développés autour des orthèses cognitives. Selon Pigot et al. (2008) les orthèses cognitives sont des appareils et des logiciels qui aident les personnes à pallier leurs déficits cognitifs, par exemple en leur rappelant les tâches à réaliser [**?**].

SemAssist est une orthèse cognitive qui vise à pallier les problèmes de mémoire sémantique (e.g. mémoire à long terme des connaissances sur le monde) lors de la préparation de repas [62], [63]. Dans SemAssist, aucun capteur n'est utilisé et l'usager n'interagit qu'avec un écran tactile. SemAssist a été validé auprès d'une personne âgée atteinte de démence sémantique. Celle-ci a pu cuisiner de façon autonome en repérant les ingrédients et les ustensiles dont elle ne connaissait plus l'usage. Pendant les expérimentations avec SemAssist, elle ne réclamait plus l'intervention de l'ergothérapeute.

Archipel est un cadriciel qui a été utilisé pour réaliser une autre orthèse cognitive pour la réalisation de repas [64], [65]. Archipel supervise automatiquement, à l'aide de capteurs (contacts électromagnétiques, détecteurs de mouvements, débitmètres), les différentes étapes de réalisation d'une recette et indique à l'usager les ingrédients manquants, leur emplacement et l'étape suivante, à l'aide d'effecteurs répartis dans la cuisine (écran

1. La « boîte à outils » est un terme employé par les ergothérapeutes. Elle est constituée d'un ensemble de procédures à suivre sous la forme d'interventions cognitives.

tactile, voyants lumineux, sons, messages vocaux). Cette orthèse basée sur l'intelligence ambiante a été validée dans l'appartement de DOMUS lors d'une étude impliquant 12 personnes avec déficience intellectuelle. Chacune d'elle a réussi à compléter une recette complexe. Il a été observé que les besoins en intervention humaine diminuaient de manière significative lorsque cette orthèse fournissait de l'assistance [66].

EpiTalk est une plateforme qui permet le développement de systèmes conseillers. EpiTalk est basé sur des techniques d'espionnage et s'inspire des plantes épiphytes. Le principe de fonctionnement d'EpiTalk consiste à brancher un système conseiller sur un système d'information arbitraire, appelé système hôte sans le modifier. Le système conseiller observera les activités du système hôte en accord avec un certain point de vue. Les points de vue sont représentés par des structures hiérarchiques appelées arbres de tâche qui vont permettre de générer des conseils sur l'utilisation du système [67], [68], [69]

COACH est un système planificateur basé sur l'utilisation de processus de décision markovien afin de déterminer quand et comment fournir de l'assistance étape par étape à des personnes souffrant de démence lors du lavage de mains [70]. COACH utilise comme source d'information une caméra, souvent considérée comme un capteur du type invasif pour la vie privée des utilisateurs.

ACTIVITY COMPASS et ADL sont destinés à offrir de l'assistance cognitive aux personnes souffrant de problèmes de mémoire et de résolution de problèmes occasionnés par la maladie d'Alzheimer ou d'autres, dans l'accomplissement d'activités de la vie quotidienne. Ils utilisent l'informatique ubiquitaire et des modèles probabilistes qui décrivent comment une activité doit être réalisée. Ce modèle est intégré à un modèle qui prédit ce que le patient essaie de réaliser. Cette assistance est possible grâce à l'association de capteurs à des comportements simples. Puis des comportements, on passe aux plans et objectifs. Cette mécanique permet de prédire les réussites ou les échecs de ces plans et de déterminer les interventions potentielles [71], [72].

En dépit de résultats positifs et très encourageants, les expérimentations ont aussi mis en évidence plusieurs limites de ces orthèses cognitives dont voici les plus importantes :

1. Le système de diagnostic n'est pas robuste face au bruit et n'anticipe pas les erreurs.
2. Il est difficile d'assister plusieurs AVQ qui se déroulent en parallèle.
3. Le contenu des messages d'assistance est statique et est faiblement contextualisé.
4. L'assistance est conçue comme une réponse ponctuelle à un évènement ponctuel.
5. Les interventions d'assistance ne sont pas toujours cohérentes dans le temps.

6. Le flot des interventions d'assistance n'est pas structuré. Il n'y a pas (ou très peu) de fil conducteur qui régule et organise le flot des actes d'assistance.
7. La personnalisation et la contextualisation de l'assistance restent limitées.
8. Le processus d'assistance et les règles d'assistance sont figés dans le code.
9. L'assistant ne peut pas être configuré par les aidants et les patients.

Dans notre étude, nous allons nous intéresser principalement aux limites 5, 6, et 7.

1.4 Cadres théoriques et sources d'information en informatique

Après l'identification des éléments du domaine d'application dans les sections 1.1 et 1.2 et 1.3. Nous avons sélectionné les cadres théoriques en informatique, afin de concrétiser la formalisation de l'assistance cognitive numérique. Ce processus a débuté par l'identification d'une méthode de conception logicielle (section 1.4.1). Il a été poursuivi par la sélection de formalismes pour représenter les connaissances issues du domaine d'application (section 1.4.2), la réalisation de la tâche (section 1.4.3) et pour le dialogue humain-machine (section 1.4.4). Finalement, le style architectural de l'orthèse cognitive a été choisi en fonction de notre expérience avec des systèmes antérieurs (section 1.4.5).

1.4.1 Conception logicielle

En raison de la diversité des dysfonctionnements cognitifs caractéristiques de la population TCC, une approche de conception logicielle, centrée sur l'utilisateur, est nécessaire. Cela permet à l'orthèse cognitive d'offrir une assistance adaptée aux besoins particuliers de chaque utilisateur.

Nous avons étudié plusieurs méthodes de conception : cas d'utilisation [73], *personæ* [74], conception participative [75], etc. La méthode de conception par *personæ* a été choisie, car elle permet de détailler les traits caractéristiques de la population cible. Par rapport à d'autres méthodes de conceptions étudiées, la méthode de conception par *personæ* permet d'expliciter la notion de profils d'utilisateurs (e.g. personnalité, habitudes, préférences d'interaction, etc.). Cette méthode permet également d'expliciter les informations relatives aux étapes de réalisation d'une tâche, afin de déterminer le type d'interaction nécessaire (e.g. suivi de procédures, manipulation d'objets, etc.), ainsi que son contexte de réalisation (e.g. heure de réalisation de la tâche, plan de travail nécessaire, etc.).

Il est important de souligner que la méthode de conception par personæ a été utilisée pendant la première partie du projet (environ un an et demi). Ensuite, les résidents ont intégré notre équipe dans une démarche de conception participative, jusqu'à la finalisation de l'orthèse.

Conception centrée utilisateur

Les démarches de conception centrée sur l'utilisateur ou *"User-Centered Design (UCD)"* sont très utilisées en ergonomie informatique [76]. Ces démarches de conception accordent une place importante à la connaissance de l'utilisateur et aux tâches qui seront soutenues par des applications logicielles.

La méthode par *personæ* est l'une de ces démarches UCD. Elle a été créée par Alan Cooper (1999) [74]. Les *personæ* sont utilisées pour appréhender les utilisateurs auxquels un nouveau produit est destiné. Les *personæ* sont des archétypes d'utilisateurs possibles issus d'un segment de population qui est réuni par une utilisation potentielle d'un produit à imaginer. Les scénarios font partie de cette méthode. Ils mettent en scène l'usage et les interactions que les *personæ* développeront avec ce produit.

La méthode permet de répondre aux questions : qui sont-ils ? Comment organisent-ils leur vie ? Comment réalisent-ils leurs tâches ? Quelles attitudes développent-ils face aux technologies et à la nouveauté ? Quel sera le contexte d'usage dans lequel s'inscrira le produit ? Les *personæ* sont une réponse au besoin prospectif des concepteurs pour appréhender un grand nombre d'utilisateurs et pour caractériser les usages d'un produit qui n'existe pas encore [77]. Dans notre cas, nous avions besoin de modéliser une assistance permettant de satisfaire les principaux besoins d'assistance très hétérogènes de la population de TCC sévères. Nous avons choisi d'utiliser cette méthode parce qu'elle correspondait à nos besoins et à notre contexte initial de travail.

1.4.2 Représentation des connaissances

La représentation des connaissances est un domaine d'étude qui concerne l'utilisation formelle de symboles pour représenter une collection de propositions [78]. Elle est utilisée pour représenter des phénomènes du monde réel en structures symboliques pourvues d'une syntaxe et d'une sémantique formelle interprétable par un logiciel.

Il existe divers formalismes de représentation des connaissances tels que la logique de premier ordre, les systèmes de production (règles), les objets (*frames*), la logique de description, etc. [79].

En général, le formalisme de représentation à utiliser dans une modélisation est choisi

en fonction de la nature des connaissances à représenter : classification, causalité, temporalité, croyance, etc. Dans ce sens, J-P Haton et M-C Haton (2012) affirment qu'il n'existe pas de représentation idéale. Le choix d'un mode dépend de la nature des connaissances, du degré de contrôle que l'on veut exercer sur le raisonnement et du type de problème à résoudre (diagnostic, planification, etc.) [79].

Dans notre cas, nous avons choisi d'utiliser la logique de description et le système de production associé car ils s'adaptent bien à la nature des données de notre cadre applicatif. La logique de description unifie et donne une base logique à différents moyens de description de systèmes. En particulier, elle unifie les concepts provenant des " *frames* ", des réseaux sémantiques, des langages tels que *KL-ONE* [80], les modèles orientés objet, modèles de données sémantiques et systèmes " Type " [81].

D'une part, la logique de description est adaptée à la représentation des entités impliquées dans la pratique de l'ergothérapie et de la réadaptation cognitive, ainsi que pour représenter les relations entre ces entités de manière naturelle et cohérente. La capacité de classification de la logique de description est aussi cruciale pour notre étude afin de définir une structure formelle du processus de gestion thérapeutique pratiqué par les ergothérapeutes auprès de leurs clients, ainsi que du type d'assistance cognitive à offrir.

D'autre part, des systèmes de production sont nécessaires dans cette étude pour :

1. Déterminer si un plan d'intervention est bien construit lorsque l'ergothérapeute configure l'orthèse. L'approche d'intervention choisie dépend des facultés cognitives de l'individu. Selon l'approche choisie pour guider la réadaptation cognitive d'un individu (métacognition, compensation, etc.), seules les interventions cognitives qui sont alignées sur l'approche peuvent être utilisées. Ainsi, l'usage de règles va s'appuyer sur la classification permise par la logique de description pour choisir, assembler et valider les interventions cognitives en un plan de réadaptation cohérent qui respecte les limites cognitives de l'individu et qui lui garantisse une assistance adéquate et adaptée ;
2. Réaliser le suivi de l'exécution par l'utilisateur pendant la réalisation d'une AIVQ (interface humain-machine ou actions environnementales détectées par les capteurs) ;
3. Analyser la performance de l'utilisateur au cours d'une AIVQ.

Ainsi, les systèmes de production viendront soutenir le raisonnement sur les connaissances représentées en la logique de description.

Enfin, la logique de description peut être traduite dans le langage standard OWL 2 [82].

Ce langage est un des langages standards utilisés pour l'implémentation d'ontologies [83]. Il va soutenir l'interopérabilité et le partage des connaissances entre des modules logiciels dédiés à différentes fonctionnalités. Par ailleurs, à long terme, l'ontologie de haut niveau *"Information Artifact Ontology (IAO)"* [84] permettra d'améliorer la structurer et standardiser nos modèles. Nous avons validé avec succès, sur une petite échelle, la faisabilité de cette approche, mais ne l'avons pas appliqué à grande échelle sur tous les modèles.

1.4.3 Formalisme de planification

> « Planifier consiste à préciser un ensemble d'actions (un plan) de façon à atteindre un but. Un plan peut être destiné aussi bien à un robot d'assemblage, un véhicule autonome ou un atelier de production » [79] p. 8.

Depuis le General Problem Solver de Simon et Newell [85], de nombreux modèles dédiés à la planification ont été proposés. D'une manière générale, la représentation des pré-conditions et/ou post-conditions d'exécution d'actions permettra de définir une succession temporelle de ces actions pour atteindre un but. Le modèle de référence est STRIP développé par Richard Fikes and Nils Nilsson [86]. Les algorithmes de recherche vont varier en fonction de la représentation des conditions (logiques, probabilistes), de la nature des actions (durée connue, fixe ou variable), la complexité du graphe sous-jacent et des besoins d'optimisation. Les plans sont souvent représentés à l'aide de graphes. Il est également possible de s'appuyer sur des logiques temporelles qui vont par exemple considérer la nature linéaire ou arborescente du temps [87]. Le plan de réalisation sera alors exprimé sous forme d'une formule temporelle. Aujourd'hui, une standardisation des langages de planification est réalisée par le biais de PPDL (*Planning Domain Definition Language*), de ses variantes et extensions [88], [89], [90].

Nous nous sommes particulièrement intéressés aux réseaux hiérarchiques de tâches ou *Hierarchical Task Network* (HTN) [91] qui soutiennent des notions de hiérarchies qui seront utiles pour notre travail.

1.4.4 Théorie des actes de langage

La théorie des actes de langage [92] a été choisie afin de représenter et formaliser le dialogue entre la personne et l'orthèse cognitive. Selon J. Searle (1993), un acte de langage a trois composants et cinq catégories. Les composants d'un acte de langage sont :

- Un aspect illocutoire : représente l'intention de l'émetteur ;
- Un aspect locutoire : représente comment le message est transmis (e.g. l'intensité, le ton de l'émetteur, la mise en place syntaxique des mots) ;
- Un aspect perlocutoire : représente l'ensemble d'actions du destinataire attendues en réponse par l'émetteur de l'acte de langage.

Les catégories des actes de langage sont les assertifs (assertion, affirmation...), les directifs (ordre, demande, conseil...), les promissifs (promesse, offre, invitation...), les expressifs (félicitations, remerciement...) et les déclaratifs (déclaration de guerre, nomination, baptême...).

À cet égard, dans notre projet, nous avons choisi d'utiliser et d'étendre la théorie des actes de langage afin de modéliser le dialogue entre la personne et l'orthèse cognitive.

D'une part, cette théorie permettra aussi de définir et de structurer la communication interne entre les sous-systèmes qui composent l'orthèse (Figure 1.1) (Communication, Assistance, Supervision et Gestion du Contexte) comme il est suggéré dans Bauchet et al. 2009 [93]. D'autre part, les actes de langage permettent de structurer l'enchainement des différents indices fournis à l'usager.

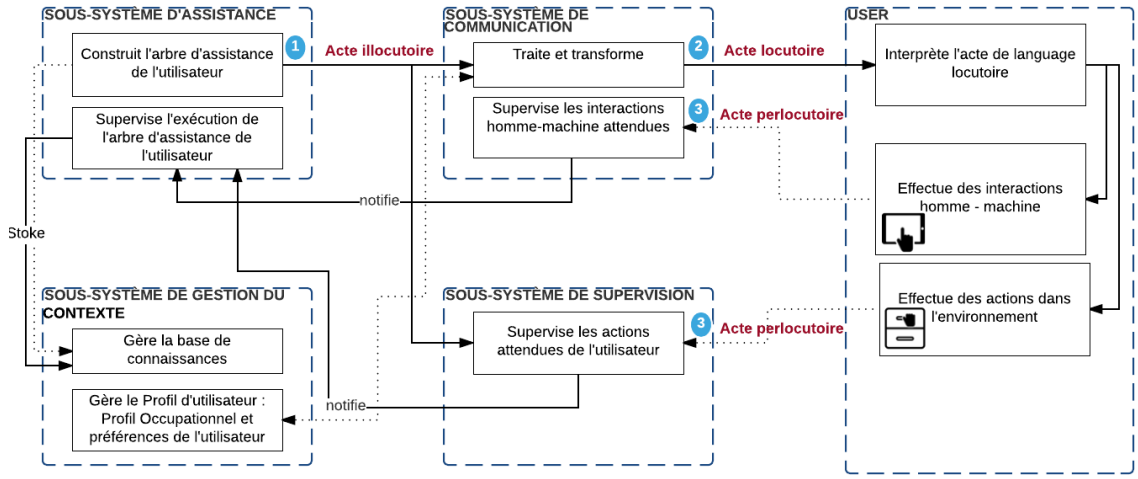


FIGURE 1.1 – Flux de communication interne entre les sous-systèmes qui composent l'orthèse, figure inspirée de la théorie des actes de langage.

Dans le cas où l'orthèse cognitive démarre les interactions avec l'usager, le sous-système Communication transposera les intentions contenues dans l'acte de langage à émettre sur la demande du sous-système Assistance et sélectionnera le moyen de communication le mieux adapté au profil de la personne pour exprimer les aspects locutoires et illocutoires de l'acte de langage. En réponse à l'acte de langage émis par l'orthèse cognitive, la personne va réagir (ou pas). Sa réponse devrait correspondre à l'aspect perlocutoire de l'acte émis. Ces interactions peuvent être réalisées à travers l'environnement ou à travers les interfaces humain-machine traditionnelles à la suite de la réception d'un message de la part du sous-système Communication. Pour vérifier si la communication est réussie, il faut reconnaître que les activités liées à l'aspect perlocutoire ont été réalisées. Cette reconnaissance peut être effectuée par le sous-système Communication, si l'usager utilise les interfaces humain-machine traditionnelles, (e.g. cliquer sur un bouton de l'écran tactile pour passer à l'étape suivante), ou par le sous-système Supervision si l'aspect perlocutoire

se traduit par des actions de l'usager dans l'environnement (e.g. éteindre le four).

Dans le cas où l'usager amorce les interactions avec l'orthèse, la personne démarre un dialogue « personne – orthèse cognitive ». Par exemple, la personne peut demander explicitement une intervention cognitive lorsqu'elle utilise la boîte à outils (e.g. aide à la gestion de stress, etc.). De même, si la personne change de pièce dans la maison, e.g. elle se dirige vers le salon, alors qu'elle devrait être dans la cuisine, le sous-système Assistance peut interpréter cette action comme un acte de langage disant que la personne ne veut pas continuer la tâche en cours (e.g. préparation d'un repas) ou qu'elle poursuit un autre but.

En cas de non-réception de la réponse attendue de la part de la personne lors de l'exécution d'une intervention cognitive, l'orthèse utilisera un principe de gradation de l'assistance inspirée des travaux de Le Dorze et al., 2014 [90] . Les actes de langage permettent d'exprimer et de représenter naturellement cette gradation de l'assistance, qui se fera en trois temps différents, afin d'amener la personne à la bonne interprétation de l'intention transmise par l'orthèse. Si la réponse n'est pas encore celle attendue par l'orthèse, la dernière étape consistera à contacter un aidant qui prendra en charge la situation et qui indiquera à l'orthèse si la situation problématique a été résolue ou pas, s'il faut arrêter l'assistance pour l'activité en cours ou s'il faut la reporter à un moment ultérieur.

1.4.5 Architecture logicielle

Dans ce travail, nous proposons de réaliser une assistance cognitive dans un habitat intelligent quelconque. De ce fait, il était indispensable de définir une architecture logicielle générique pour, décrire, personnaliser, implémenter et déployer des orthèses cognitives sensibles au contexte.

Pour concevoir l'architecture logicielle générique recherchée, nous nous sommes appuyés sur les leçons apprises principalement du développement d'Archipel [64], une orthèse cognitive développée au sein de l'appartement intelligent du laboratoire DOMUS. Ainsi, un style architectural multicouche [94] a été choisi. Ce choix permettra la décentralisation et la spécialisation des processus et des technologies impliquées dans le processus d'assistance (interface humain-machine, gestion de connaissances, reconnaissance d'activités, gestion de la sécurité, etc.).

Chapitre 2

Méthodologie

Après avoir présenté la revue de littérature qui a mis en place le cadre dans lequel nous allons travailler, nous présentons dans ce chapitre les éléments essentiels de notre méthodologie.

2.1 Contexte de la thèse

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du programme conjoint Projet de Recherche Concentrée sur la Santé (PRCS) : « Milieu d'hébergement intelligent pour la clientèle ayant une déficience physique avec prédominance cognitive : de l'implantation à l'évaluation ». Il s'agit d'un projet canadien mené en collaboration entre le laboratoire Domus de l'Université de Sherbrooke (Canada) et l'Unité Mixte de Recherche Lab-STICC (Telecom Bretagne, ENIB et UBS (France)), l'école de réadaptation de l'Université de Montréal, le Centre de Réadaptation Estrie de Sherbrooke (Canada) et une résidence alternative domotisée localisée à Sherbrooke (Canada). Cette résidence accueille dix personnes atteintes d'un TCC. Dorénavant, le terme « résident », « utilisateur » ou « usager » sera utilisé pour faire référence aux habitants de cette résidence.

Un projet interdisciplinaire mené dans un laboratoire vivant

La collaboration entre le milieu de la recherche et le milieu clinique à travers le laboratoire vivant qu'est devenue la résidence alternative cherche à favoriser l'autonomie des résidents dans la réalisation des Activités Instrumentales de la Vie Quotidienne (AIVQ) en s'appuyant sur les technologies d'assistance cognitive. Une étude des besoins des résidents a d'abord été menée au sein de la résidence [18]. Cette étude consistait à examiner les besoins et les souhaits des sept résidents. À cet égard, l'avis des résidents et de leurs proches aidants, ainsi que l'avis du personnel professionnel et administratif de la résidence ont été également pris en compte. Les résultats de cette étude ont permis d'identifier la préparation des repas comme une des AIVQ à privilégier pour favoriser l'autonomie et la participation sociale des résidents.

Dans le cadre de ce grand projet, notre thèse se focalise sur l'acquisition, la représentation et la gestion des connaissances de l'orthèse. La réalisation comme telle de l'orthèse,

l'analyse de ses effets et son implantation dans un milieu réel font l'objet d'autres travaux de recherche.

Questions de recherche

Les questions principales de recherche que nous avons traitées sont :

1. Comment construire un modèle informatique d'assistance cognitive personnalisé, qui permet de soutenir les fonctions cognitives des résidents pendant la réalisation d'une AIVQ ?
2. Quelles sont les entités informationnelles permettant de construire un modèle d'assistance cognitive générique et personnalisable adapté au profil de chaque résident ?
3. Comment ajuster les interventions cognitives en fonction des erreurs effectuées ou selon le progrès de la personne (en particulier par estompage ou gradation de l'assistance) ?
4. Comment intégrer les propositions précédentes dans un dispositif complet alimenté par des informations provenant de modules de reconnaissance d'activités et capable d'interagir à travers des IHM multimodales ou multiappareils ?

Équipe interdisciplinaire

Ce projet a reposé sur le travail étroit entre différents domaines scientifiques. De ce fait, une équipe interdisciplinaire de 38 membres (chercheurs, étudiants gradués, professionnels de recherche, professionnels cliniques) a été constituée. Le projet inclut des membres permanents et des membres invités. Le travail a été structuré autour des comités interdisciplinaires : développement technologique et conception participative, analyse des effets de l'assistant cognitif, implantation de l'assistant dans un milieu réel. Un comité exécutif était chargé de coordonner ces trois comités et d'assurer la circulation de l'information.

Les quatre comités ont travaillé étroitement pour atteindre l'objectif du projet. Plusieurs stagiaires issus de diverses disciplines ont également participé au projet : informatique, ergothérapie, conception graphique, etc. (Tableau 2.1).

Comité technologique et conception participative		Comité d'analyse des effets		Comité d'implantation		Milieu clinique	
4	Chercheurs en informatique	2	Chercheurs en ergothérapie	2	Chercheurs en ergothérapie	3	Participants/ résidents
3	Chercheurs en informatique [1]*	1	Étudiante au doctorat en ergothérapie	1	Post-doctorant en ergonomie *	1	Coordinateur clinique du Centre de Réadaptation Estrie, Sherbrooke (Canada)
1	Coordinateur du comité et développeur	1	Coordinatrice de recherche clinique	1	Chercheuse en physiothérapie	2	Administrateurs de la Résidence
1	Développeur en informatique			1	Chercheuse en psychologie	4	Préposés
1	Étudiante au doctorat en informatique					3	Proches aidants
1	Post-doctorant en informatique * *					1	Travailleur social
1	Graphiste					1	Éducatrice spécialisée
1	Chercheuse en orthophonie *						
14		4		5		15	

TABLE 2.1 – Personnes impliquées dans le Projet de Recherche Concertée sur la Santé.

2.2 Phases de la méthodologie

La méthodologie suivie dans cette thèse s'appuie sur quatre phases qui se déroulent de manière séquentielle (Figure 2.1). Les trois premières phases constituent les principales contributions du travail. La dernière phase (Phase 4, Validation) se poursuit actuellement.

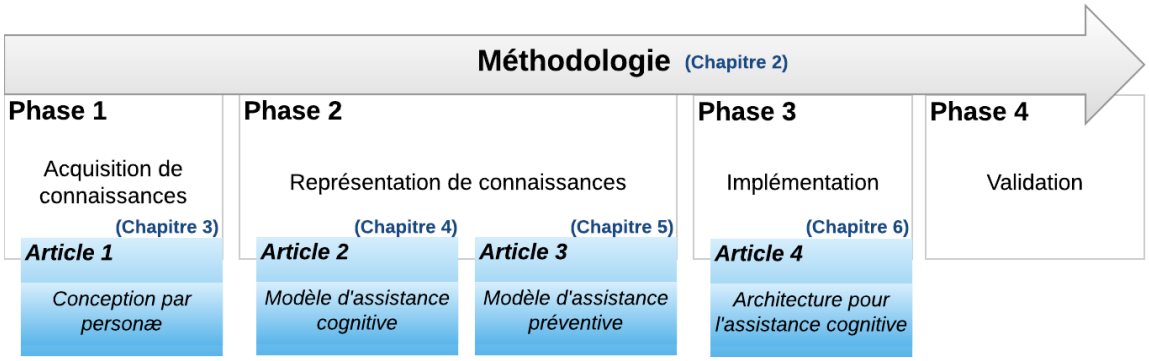


FIGURE 2.1 – Les quatre phases de la méthodologie de la thèse.

1. Les membres marqués par un astérisque ont été invités à participer au comité, mais n'en font pas partie formellement.

2.2.1 Phase 1 : Acquisition des connaissances

La phase d'acquisition des connaissances a permis d'identifier les principaux déficits occasionnés par un TCC, ainsi que le besoin de personnalisation de l'assistance selon les problèmes particuliers de chaque utilisateur. Plus spécifiquement, lors de cette phase nous avons collecté et synthétisé de nombreuses données et connaissances : revues de littérature, formations, sessions de visionnement et analyses de vidéos et discussions ouvertes avec des experts.

Revues de littérature

À partir de diverses sources d'information (articles, livres de réadaptation cognitive, etc.), nous avons regroupé les dysfonctionnements causés par les déficits cognitifs en six catégories : cognitif, comportemental, expressif, émotionnel, visuel et physique (Annexe A).

Formations

Nous avons participé à une formation d'une durée de trois jours sur le « Profil des Activités de la Vie Quotidienne (AVQ) ». Cette formation avait pour objectif de comprendre les répercussions de déficits occasionnés par un TCC dans la réalisation des activités quotidiennes. Vingt ergothérapeutes ont suivi cette formation, accompagnées de quatre informaticiens (membres du projet).

Nous avons également suivi la formation *"CO-OP : Cognitive Orientation to daily Occupational Performance"* d'une durée de trois jours. Cette formation avait pour modèle définit et objectif d'aider l'intervenant (ergothérapeute) à développer des habiletés spécifiques et des stratégies cognitives chez les clientèles neurologiques adultes atteintes d'un Accident Vasculaire Cérébral (AVC) ou d'un TCC pour réaliser leurs activités quotidiennes. La formation a été suivie par vingt-neuf participants : vingt-trois ergothérapeutes (un membre du projet), cinq physiothérapeutes, et une informaticienne (membre du projet),

Visionnement et analyses de vidéos

Nous avons aussi participé à des sessions de visionnement et d'analyse de vidéos d'évaluation de TCC d'une durée de deux jours. Deux informaticiens ont assisté à ces séances sous la supervision de la Dre. Bottari. L'objectif de ces sessions était d'observer les comportements de quatre personnes pendant leur évaluation avec le Profil des activités instrumentales.

Discussions ouvertes avec des experts

Des discussions ouvertes avec des ergothérapeutes ont aussi eu pour objectif de comprendre des comportements difficiles à expliquer pour une personne qui n'a pas été formée dans le domaine clinique.

Dans chaque étape de la collecte des données (revues de littérature, formations, visionnement et analyses de vidéos et discussions ouvertes avec des experts), nous avons observé qu'il existe certaines situations atypiques de cas de comportements particuliers qui ne font pas partie des plus fréquents dans la population TCC et dont il faut tenir compte dans la formalisation et dans le processus d'assistance.

La phase d'acquisition des connaissances correspond à la première contribution de cette thèse « *l'identification des répercussions des dysfonctionnements cognitifs, émotionnels et comportementaux dans la réalisation d'AIVQ de personnes atteintes d'un TCC, afin de concevoir une orthèse cognitive qui sera adaptée aux besoins d'assistance de chaque résident* ». Cette phase s'est achevée par la soumission d'un article scientifique intitulé ***"Traumatic Brain Injury Persona : An Interdisciplinary Approach to Designing a Cooking Assistant".*** Les détails de cette étude et l'article sont présentés au Chapitre 3.

2.2.2 Phase 2 : Représentation des connaissances

La phase de représentation des connaissances correspond à l'analyse et au traitement des données recueillies lors de la phase d'acquisition des connaissances. Cette phase a permis d'abstraire et de représenter formellement les entités informationnelles et les processus impliqués dans le domaine de la réadaptation cognitive dans un ***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive***. Ce articule les différents composants requis pour la gestion du processus de réadaptation cognitive. Il décrit le processus de prise en charge d'une personne par un service d'ergothérapie et se focalise sur le processus de réadaptation cognitive dirigé par des ergothérapeutes.

Le ***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive*** contient en particulière deux sous-modèles, qui sont des vues détaillées des composants : « Plan d'Intervention » et « Assistance Préventive ». Le premier sous-modèle est consacré à ***l'assistance cognitive*** et le second à ***l'assistance préventive***. Ces sous-modèles servent de soutien à la configuration, à l'exécution, au suivi et à l'analyse de l'assistance.

Le ***modèle d'assistance cognitive*** permet de soutenir les fonctions cognitives de l'utilisateur pendant la réalisation d'une AIVQ. Ce modèle correspond à la seconde contri-

bution de cette thèse, soit « *la formalisation d'une structure d'assistance cognitive adaptative selon le profil du résident et selon le contexte de réalisation de l'AIVQ afin d'agencer le processus d'assistance cognitive automatique au sein de son domicile* ». Ce travail s'est traduit par la définition et l'implémentation d'une ontologie, ainsi que la rédaction d'un article scientifique intitulé ***"A context-aware generic model for cognitive rehabilitation of individuals with cognitive impairment during Instrumental Activities of Daily Living"***. Les détails et l'article sont présentés au Chapitre 4 qui résume les concepts principaux de l'ontologie. Les détails de l'ontologie sont fournis en Annexe E.

Le ***modèle d'assistance préventive*** permet de décrire le processus de l'assistance à offrir à un utilisateur lors de l'apparition de dangers. Ce modèle correspond à la troisième contribution de cette thèse, soit « *la définition d'un mécanisme d'assistance préventive lors de l'apparition de dangers potentiels pendant la réalisation d'une AIVQ* ». Ce travail s'est traduit par la définition d'un modèle et la rédaction de l'article scientifique ***"An ontology model for a context-aware preventive assistance system : reducing exposition of individuals with Traumatic Brain Injury to dangerous situations during meal preparation"***. Le travail et l'article sont présentés au Chapitre 5.

La phase de représentation des connaissances s'est appuyée sur un processus de conception participative. Cette approche a été très enrichissante et productive. La notion d'assistance préventive est l'un des résultats de cette collaboration. En particulière, elle a permis de proposer une solution pour diminuer les situations de danger auxquelles les utilisateurs sont exposés lors de la préparation de repas. Tout au long du projet, l'apport des résidents a permis de mettre en place certaines fonctionnalités de l'orthèse : IHM personnalisée (logo, couleurs, musique, etc.), livre de recettes personnalisées, possibilité d'utiliser la cuisinière pour réaliser un repas simple, etc. L'implémentation des modèles a été réalisée dans le langage "*Web Ontology Language* (OWL 2)". La gestion des modèles et des règles d'inférences a été réalisée en Apache *"Jena"*.

2.2.3 Phase 3 : Implémentation

Dans le cadre de cette thèse, une orthèse cognitive est définie comme un système informatique réparti, qui est constitué de plusieurs sous-systèmes : Supervisions, Communication, Assistance et Gestion du Contexte. Le sous-système de Supervision prend en charge la reconnaissance d'activités grâce aux capteurs répartis dans l'habitat. Le sous-système de Communication gère les interactions avec le résident via divers IHM et effecteurs. Le sous-système d'Assistance prend en charge la gestion de l'assistance cognitive. Le sous-système Gestion du Contexte est responsable de la gestion de la base de connaissances (qui contient le contexte) et du Profil d'utilisateur : Profil Occupationnel (e.g. notions

reliées aux aspects cliniques : niveau d'assistance, etc.) et préférences de l'utilisateur (e.g. moyens d'interaction : voix, texte, éclairage, etc.).

Dans la phase « Implémentation », nous avons travaillé sur la conception d'une architecture générique pour la construction des orthèses cognitives, ainsi que sur les principes de communication entre les sous-systèmes. Cette architecture correspond à la quatrième contribution de cette thèse, soit « *la conception d'une architecture logicielle générique, pour la construction d'orthèses cognitives sensibles au contexte, qui intègre une communication à base de connaissances entre ses sous-systèmes* ». Ce travail de conception est présenté dans la publication scientifique ***"A Generic Architecture for Ambient Cognitive Assistance to People with Traumatic Brain Injury : Application to Instrumental Activities of Daily living"***. Cette publication est en cours de rédaction. Les détails et l'article sont présentés au Chapitre 6.

2.2.4 Phase 4 : Validation

Un prototype d'orthèse cognitive d'aide à la préparation de repas, appelé COOK, a ainsi été créé. Il s'agit d'une instance du modèle d'assistance cognitive. Celui-ci intègre des plans d'intervention spécifique à chaque résident. Ces plans ont été réalisés par le biais de sessions de conception participative. COOK est relié à une instance du modèle d'assistance préventive permettant d'assurer la sécurité des résidents. Ce modèle est géré par un système indépendant nommé Système d'Assistance Préventive.

Concrètement, le déploiement de COOK s'est déroulé de façon incrémentale, alternant deux phases : des tests d'utilisabilité effectués par des sujets sans troubles cognitifs et des expérimentations par les résidents.

Le contexte et les objectifs des tests d'utilisabilité de COOK sont détaillés en Annexe F. Ces tests ont été effectués, au sein du DOMUS, auprès d'un panel de 5 utilisateurs (Tableau 2.2).

Système / version	**Date**	Participants
COOK / v-2.1	janvier 2016	5 participants (4 informaticiens et 1 ergothérapeute)
Système de Sécurité / v-1.0	mars 2016	5 participants (informaticiens)
COOK / v-2.2	juillet 2016	5 participants (informaticiens)

Table 2.2 – Tests d'utilisabilité de l'orthèse cognitive.

Ensuite, une période d'apprentissage clinique d'utilisation de COOK a été réalisée avec chaque résident.

La phase de validation a débuté au milieu de l'année 2016. Ce travail s'est déroulé dans le cadre d'une thèse en ergothérapie, réalisée par Stéphanie Pinard, avec le soutien de Fanny Le Morellec (ergonome) et Catherine Laliberté (ergothérapeute). Les résultats de la phase de validation devraient être publiés en 2018.

Avant le déploiement de COOK, aucun des résidents n'avait l'autorisation de posséder une cuisinière au sein de l'appartement. Suite à ce déploiement, cette interdiction a été levée.

Actuellement le premier résident est capable de préparer, de manière autonome, au moins trois repas par semaine. Le second utilise aussi COOK en toute autonomie. Le troisième résident a commencé sa formation. C'est sans nul doute la contribution la plus importante du projet : redonner autonomie et confiance aux résidents.

Le Tableau 2.3 présente le calendrier des rencontres réalisées et prévues avec les résidents (en date du 14 février 2017) :

Résident	**Rencontres**		
-	**Conception participative Date / (n° rencontres)**	**Apprentissage de COOK Date / (n° rencontres)**	**Utilisation indépendante de COOK**
1	avril - octobre 2015/ (9)	janvier - mai 2016 / (25)	mi-avril 2016
2	juin 2015 - juillet 2016/ (9)	août - octobre 2016/ (15)	fin octobre 2016
3	août 2015 - juillet 2016 / (4)	octobre 2016 - ...	à venir (prévue pour fin février 2017)

Table 2.3 – Tests d'utilisabilité de l'orthèse cognitive.

Chapitre 3

Acquisition des connaissances

3.1 Introduction

La phase d'acquisition des connaissances est la première phase de la méthodologie que nous avons suivie (Figure 3.1). Elle s'inscrit dans la conception logicielle d'une orthèse cognitive destinée à pallier les déficits cognitifs de personnes atteintes d'un TCC lors de la préparation de repas.

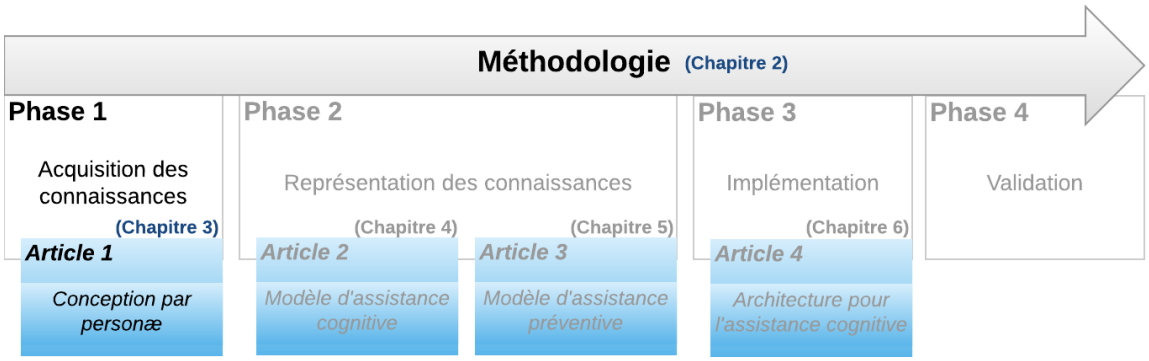


Figure 3.1 – Méthodologie suivie dans la réalisation de la thèse (Chapitre 4).

Pour la conception logicielle de cette orthèse cognitive, il était essentiel d'identifier clairement les déficits cognitifs à pallier, ainsi que de déterminer les premiers besoins d'assistance de nos utilisateurs. Comme les déficits cognitifs ressentis par la population TCC sont très diversifiés, nous avons choisi une approche de conception centrée sur l'utilisateur [95] en utilisant la méthode personæ [74]. Dans la suite de ce travail, une *personæ*[1] est un sujet concret que l'on peut désigner (un patient, dans notre cas), qui présente des caractéristiques générales, partageables par une classe d'individus. L'approche par *personæ* permet de :

1. Recueillir les données nécessaires afin de mieux connaitre les futurs utilisateurs d'un nouveau produit logiciel.
2. Créer des personnages fictifs, dotés de personnalité, mettant en avant les traits caractéristiques d'une population ciblée.

1. Le terme « *personæ* », qui tire ses origines du latin « *personæ* » (qui renvoie au masque, à l'acteur), ne fait pas l'unanimité en matière de genre dans la littérature informatique. Dans cette thèse, nous avons préféré revenir à ses origines étymologiques, préférant le féminin.

La démarche suivie pour déterminer les premiers besoins d'assistance des utilisateurs a fait l'objet de l'article scientifique *"Traumatic Brain Injury Persona : An Interdisciplinary Approach to Designing a Cooking Assistant"* [96]. En date du 14 février 2017, cet article est en révision interne pour soumission dans un journal avec comité de lecture.

La contribution de l'auteure (Marisnel Olivares) à cet article représente 60 % de la charge liée à la conception des *personæ* et à la rédaction de l'article.

3.2 Présentation générale de l'article

3.2.1 Objectif

L'objectif de cet article consiste à identifier les répercussions des dysfonctionnements cognitifs, émotionnels et comportementaux dans la réalisation des AIVQ de personnes atteintes d'un TCC. Cet objectif est réalisé en deux temps :

1. Identification des répercussions potentielles d'un TCC sur l'indépendance et sur la participation sociale d'une personne à travers la définition de *personæ* atteintes d'un TCC.
2. Réalisation de scénarios dans lesquels les *personæ* réalisent diverses AIVQ. Ces scénarios permettront de déterminer quel est le soutien cognitif nécessaire pour une personæ afin d'accomplir une AIVQ, en particulier la préparation de repas. Le soutien cognitif nécessaire sera fourni par un assistant culinaire technologique ou orthèse cognitive d'aide à la préparation de repas appelée *Cognitive Orthosis for coOKing* (COOK).

Ainsi, les *personæ* nous permettront de regrouper les besoins d'assistance de la population TCC et de définir les fonctionnalités de l'orthèse cognitive que nous désirons développer. L'orthèse développée devra bien entendu être adaptée aux besoins d'assistance et personnalisée au profil de chaque utilisateur.

3.2.2 Méthodologie

La méthodologie suivie dans cette étude correspond au cadre métaphorique du cycle de vie d'une *personæ* [74],[97]. Ces phases successives s'apparentent aux étapes de la reproduction et du développement du genre humain :

1. La phase de « planification familiale » consiste à créer l'équipe de conception des *personæ*, à assigner le rôle de chaque membre de l'équipe, à déterminer la population ciblée, ainsi que les modèles théoriques qui sous-tendront le recueil d'informations des caractéristiques des *personæ*.

2. La phase de « conception et gestation » consiste à traiter les informations, à identifier les sous-classes, à créer le *squelette* et finalement à construire et à valider les *personæ*. Cette phase est critique car la collecte d'informations doit couvrir l'ensemble de la population ciblée et de ses caractéristiques pour assurer la représentativité des *personæ* créées.
3. La phase de « naissance et maturation » consiste à présenter les *personæ* créées aux membres de l'équipe du projet, à faire vivre les *personæ* dans des scénarios et finalement à valider ces scénarios.
4. La phase « adulte » consiste à intégrer la *personæ* dans l'équipe du projet. Elle « assistera » aux réunions, assurant une cohérence de l'équipe permettant d'identifier un vocabulaire commun. La phase « adulte » s'étendra sur toute la période de création du produit.
5. La phase de « retraite » représente la dernière phase du cycle de vie de *personæ*. Cette phase a lieu lorsque la conception de la *personæ* est terminée. Néanmoins, la *personæ* crée pourra être sollicitée pour d'autres conceptions de produits, ce qui provoquera alors sa renaissance.

3.2.3 Résultats

Cette étude a abouti aux réalisations suivantes :

— La création de trois *personæ* principales et deux *personæ* secondaires (cf. Section 4.2 de l'article). Le choix du genre, de l'âge, ainsi que du type d'accident vécu par chaque *personæ* principale correspond aux caractéristiques démographiques de la population TCC. Les *personæ* principales représentent chacune une catégorie de sévérité de TCC (légère, modérée et sévère). Par exemple, la *personæ* Jacques La Roche est atteinte d'un TCC léger (Annexe B.1), Alexandra Tremblay est atteinte d'un TCC modéré (Annexe B.2) et Frédéric Chauvin est atteint d'un TCC sévère (Annexe B.3). Deux personæ secondaires représentent un proche aidant et un ergothérapeute. La *personæ* Alexa Tremblay est la mère de Frédéric Chauvin (Annexe B.4). La *personæ* Anne Fortin est l'ergothérapeute, responsable du processus de réadaptation cognitive de Frédéric (Annexe B.5).

— La validation interne des trois *personæ* principales créées a été effectuée par les membres de l'équipe clinique impliqués dans la conception de l'orthèse cognitive (cf. Section 4.3 de l'article). Cette équipe est constituée de trois ergothérapeutes qui ont entre 5 et plus de 20 ans d'expérience auprès de la population TCC. Une orthophoniste ayant plus de 25 ans d'expérience auprès de la population TCC et une chercheuse en informatique ayant plus de 15 ans d'expertise dans la conception et développement des interfaces humain-machine. Ainsi, les résultats de cette validation interne ont permis de mettre en évidence que les

besoins d'assistance des trois *personæ* créées sont très différents. En effet, les objectifs de réadaptation cognitive dépendent généralement de la sévérité du traumatisme vécu. Pour les TCC léger ou modéré, il n'est pas recommandé d'utiliser des outils de compensation au début du programme de réadaptation cognitive. Par conséquent, l'équipe clinique du projet a décidé de se focaliser uniquement sur l'assistance requise par la *personæ* atteinte d'un TCC sévère (Frédéric Chauvin).

— La création de deux scénarios pour mettre en scène la *personæ* Frédéric Chauvin dans deux situations différentes (cf. Section 4.4 de l'article). Dans le premier scénario, « scénario sans assistance de COOK », Frédéric est évalué par Anne Fortin pendant la réalisation de trois AIVQ : préparer un repas chaud pour des invités inattendus, obtenir un renseignement par téléphone et gérer son budget. Alexa Tremblay, la mère de Frédéric, est aussi présente lors de cette évaluation. Lors de la réalisation de ces AIVQ, Frédéric interagit avec son environnement, sa mère et son ergothérapeute. Ainsi, les besoins d'assistance de Frédéric sont mis en évidence tout au long du scénario (Annexe C.1). Dans le deuxième scénario « scénario avec assistance de COOK », COOK fournit un soutien cognitif adapté à Frédéric. Toutes les interactions entre COOK et Frédéric sont fondées sur des stratégies ou des interventions cognitives fondées sur les données probantes (Annexe C.2).

— Les validations externes de la *personæ* atteinte de TCC sévère et des deux scénarios associés ont été réalisées par trois cliniciens externes au projet (cf. Section 4.3 de l'article). Ils exercent au sein d'un centre de réadaptation à Sherbrooke (Canada). Ils sont respectivement ergothérapeute, neuropsychologue et travailleur social ayant plus de 15 ans d'expérience auprès de la population TCC. Cette validation a déterminé la vraisemblance du profil de Frédéric en le rapprochant du profil de personnes fréquemment suivies par ces professionnels dans le milieu clinique (Annexe D).

Bilan de l'étude

— L'utilisation de *personæ* a permis aux membres de notre équipe interdisciplinaire de partager des connaissances et de définir un vocabulaire commun tout au long du projet.

— L'utilisation de scénarios a servi de soutien pour définir les fonctionnalités de COOK et ainsi satisfaire les besoins d'assistance de la population TCC représentée par Frédéric. Les scénarios ont permis également de définir le rôle de chaque sous-système de COOK (Communication, Assistance et Supervision), lesquels interagissent entre eux pendant l'assistance cognitive (Chapitre 6).

3.2.4 Article 1 : Traumatic Brain Injury Persona : An Interdisciplinary Approach to Designing a Cooking Assistant

Traumatic Brain Injury Persona: An Interdisciplinary Approach to Designing a Cooking Assistant

Marisnel Olivares [a,g], Hélène Pigot [a,d,f], Taoufik Zayani [a], Nathalie Bier [b], Carolina Bottari [b,f], Guylaine Le Dorze [e,f], Brigitte Le Pevedic [h], Stéphanie Pinard [a,d], Bonnie Swaine [b,f], Pierre-Yves Therriault [c], André Thépaut [g], Sylvain Giroux [a,d]

[a] *DOMUS, Département d'informatique, Université de Sherbrooke, 2500, boul. de l'Université, Sherbrooke, J1K 2R1, Canada*
[b] *École de Réadaptation, Université de Montréal, 7077 Av du Parc, Montréal QC H3N 1X7, Canada*
[c] *École de réadaptation, University du Québec à Trois-Rivières, 3351 Boulevard des Forges, Trois-Rivières QC G9A 5H7, Canada*
[d] *Centre de recherche sur le vieillissement, CSSS-IUGS, 036, rue Belvédère Sud, Sherbrooke J1H 4C4, Canada*
[e] *École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montreal, 7077 Av du Parc, Montréal QC H3N 1X7, Canada*
[f] *Centre de recherche Interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain (CRIR), 2275 avenue Laurier Est, Montréal H2H 2N8, Canada*
[g] *Lab-STICC / IT – Télécom Bretagne, 655 Avenue du Technopole, Brest 29200, France*
[h] *Lab-STICC / IUT de Vannes, Université de Bretagne-Sud, 8 Rue Michel de Montaigne 56000, France*

Abstract

Traumatic Brain Injuries (TBI) can cause serious cognitive deficits impacting an individual's ability to live independently and requiring constant assistance to perform Instrumental Activities of Daily Living (IADL). Recent technological developments represent an alternative to mitigate this situation and promote the independence of persons with TBI. In this paper, we present the design of a cooking assistant named COOK, a cognitive orthotic that aims to provide cognitive assistance to individuals with TBI to promote independent meal preparation at home. Its development required the adoption of a User Centered Design approach to determine the main characteristics of the TBI population. Personas are used to describe this population and people involved in their cognitive assistance during IADL performance. Scenarios are used to characterise the impacts of TBI on the performance of IADLs. Two scenarios present the IADL performance of the primary persona with severe TBI: during the first scenario, the persona prepared a meal without COOK assistance, and the persona was evaluated by an Occupational Therapist according to the IADL Profile, while during the second scenario, the persona prepared a meal with COOK assistance. The use of personas allowed us to share common knowledge and language with our interdisciplinary team members, while the use of scenarios helped establish the functionalities of COOK according to the assistance needs of the persona. One of the more challenging aspects of this research involved the complexity of interdisciplinary work.

.

Keywords: Persona, User Centered Design (UCD), Assistive technology, Traumatic Brain Injury (TBI), Instrumental Activities of Daily Living (IADL), Meal preparation.

1 INTRODUCTION

Traumatic Brain Injury (TBI) represents a worldwide issue due to its high rate of mortality and disability [1], [2]. A TBI can affect the individual's cognitive capacities, requiring constant support to initiate, carry out and complete Instrumental Activities of Daily Living (IADL), such as preparing meals, shopping for

groceries, paying bills, and so on [3]. Cognitive deficits can impact a person's ability to live independently at home, forcing them to move to alternate housing arrangements that may include living with relatives, or living in a foster-care setting with constant assistance, more often an elder-care facility. This situation generates frustration for persons with TBI and their families, especially when housing is inadequate considering the individual's stage in life.

Recent technological developments represent an alternative to mitigate this situation and to promote the independence of individuals with TBI within a home environment [4]. Several assistive technologies aim to compensate the repercussions of people's cognitive deficits on everyday activities. The COACH assistant focuses on hand washing by providing environmental cues when a person forgets to perform a step. Using a camera to recognise how people wash hands, COACH provides verbal cues when it detects a missing step, such as using soap, turning off the tap or drying hands [5], [6]. The Cogknow system helps people remember activities through the use of sensors that gather events occurring in the home [7]. Other technologies are dedicated to meal preparation. The SemAssist system helps people with semantic dementia recall the meaning of words used to describe the ingredients and utensils used in a recipe [8], [9]. People interact with a touch screen to follow the recipe step by step and to access cues to help remember the forgotten information. The Archipel system assists people with intellectual disability when preparing complex meals [10], [11]. Sensors dispatched in the kitchen can detect when people are present, when a cupboard is open, when a tap has been left open or an oven is turned on. Automatic environmental cues are displayed when people forget a step or leave the kitchen without completing their meal preparation. Assistance is progressively graded from implicit to explicit cues; it can light objects to focus attention, play vocal messages to specify an error, automatically play a video to explicitly explain each step. However, this system would need to be adapted to respond to the specific needs of TBI.

People with TBI require specific assistance that takes cognitive deficits into account, such as memory, executive function impairments, as well as inappropriate behaviour. They may need assistance to decide which meal to cook, to plan the steps involved in carrying out the activity, to organize their environment to avoid distractions during the meal preparation, to safely cook the meal, and to evaluate their own performance [3]. Our study is part of a larger project that seeks to design a cooking assistant for people with TBI. This requires an in-depth understanding of their needs and capabilities to determine how a smart environment can detect actions and errors and how it can adequately reason, and then display information through various effectors dispatched inside the home. This requires a multitude of knowledge domains, from computer science to rehabilitation, and the adoption of a User Centered Design (UCD), to ensure the acceptance of a cooking assistant by people with TBI and their Caregivers. Therefore, the cooking assistant project described in Section 3.1 brings together researchers from various disciplines, including computer science, occupational therapy, speech and language pathology, neuropsychology, and physiotherapy [12]. From the beginning of this study, we adopted a UCD approach to carefully identify the population's needs and to understand how a cooking assistant could be integrated into their daily lives. We used personas to characterise the impacts of TBI on people's lives and to address the acceptance and utility of a cooking assistant. A persona is a fictitious character that represents the targeted population. It personifies the population's main features and creates its own identity and personality in order to help the designers predict the use of a new device in real settings [13]. This approach enables the system designers to put the target client in the center of the design process and provides common knowledge and language to the interdisciplinary team. The objective of this study was to create a persona to identify how deficits experienced by persons with TBI could impact independent achievement of IADLs, and cooking in particular. This objective was two-fold: 1) to describe the potential repercussions of a TBI on the independence and social participation via a TBI persona, 2) to stage this persona in a meal preparation scenario to determine the cognitive support that would be required from a technological cooking assistant and facilitate the design of this cooking assistant.

This paper is organised as follows. The literature review (Section 2) presents the two main domains underpinning this study: first, persons with TBI along with the assistance they may require to complete everyday activities, and second, the use of personas to ensure a UCD approach. Section 3 describes the methodology used to design a persona in the context of the cooking assistant project. Section 4 presents the outcomes of each phase of the methodology. Section 5 discusses the advantages and limitations of using a persona and scenario-based design method within the context of an interdisciplinary team seeking to develop new cognitive orthotics. Finally, Section 6 describes the persona's contribution to the interdisciplinary process involved in designing the cooking assistant functionalities.

2 REVIEW OF THE LITERATURE

The literature review provides 1) a general overview of TBI and the impact of cognitive and behavioural sequelae on daily life and social participation, and 2) explanations on how the persona approach helps in designing new technologies.

2.1 Traumatic Brain Injury

First, a general overview presents the consequences of TBI, along with one of the most common cognitive impairments, that is executive function impairments. Executive functions are key psychological components required to perform complex activities. Second, we present a tool to assess the impact of these executive function impairments on everyday functioning in ecological environments, the IADL Profile [3]. Third, the Disability Creation Process (DCP) model [14] gives an understanding of how the environment impacts social participation and provides a useful classification of disabilities to describe our target population.

2.1.1 Traumatic Brain Injury Disability

The World Health Organization [15] defines TBI as follows:

> "If the head is hit by an external mechanical force, the brain will be displaced inside the skull and can be injured against the solid meningeal membrane, the dura, or against the inside of the neurocranium. Acceleration and deceleration forces may disrupt the nervous tissue and blood vessels of the brain. All grades of injury can occur, ranging from no visible abnormality of the brain in cases of mild TBI to superficial bruising (contusion), and, in severe cases, dramatic swelling (oedema) as well as large collections of blood (haematomas)." pp. 164.

The main causes of TBI vary with age and may include car crashes (45%), falls (30%), injuries related to work (10%), and sports and leisure (5%) [16]. The severity of the injury is classified as mild, moderate or severe [16], [17], [18] according to the gold standards of clinical measures, such as the Glasgow Coma Scale (GCS), duration of loss of consciousness [16], [19], [18], posttraumatic amnesia (PTA) [20], and structural imaging computed tomography (CT)/magnetic resonance imaging (MRI) [16],[17], [21],[22].

Sequelae can vary depending on the severity of the TBI. However, cognitive and behavioural impairments are often responsible for severe and longstanding disabilities in daily life activities. These include, but are not limited to, memory and attention difficulties, slowing of information processing, and executive function deficits [16], [19], [23], [24], [25], [26], [27]. Behavioural impairments are frequent and include impulsivity, disinhibition, aggressivity, anger and social isolation [16], [19], [25], [26]. Communication problems can also be present and include decreased verbal fluency [25], [26], while emotional problems like anxiety, depression and impatience [16], [19] are also frequently reported. Visual impairments may include reduced visual acuity and diplopia [16], [25], [26], while physical impairments may include muscle weakness, difficulty walking, and slow psychomotor activity [16], [25], [26].

In this study, we focused on the role of cognitive impairments related to executive functions, as these are significant cognitive impairments commonly experienced by persons with moderate and severe TBI [28] and mild TBI [29]. These impairments are generally caused by frontal lobe damage [24], [25], [26] and can affect the individual's independence when performing complex activities, namely in Instrumental Activities of Daily Living (IADL). Such activities include preparing meals, shopping, using the telephone, and managing money [30]. Executive functions are defined as the "complex cognitive processing required to co-ordinate several sub processes to achieve a particular goal" [31]. Similarly, executive functions are "essential for independent, creative, and socially constructive behavior" and can be conceptualised into four components: 1) Goal formulation; 2) Planning; 3) Carrying out goal directed plans and 4) Effective performance [32]. In summary, executive functions play a predominant role in a person's ability to adapt to situations arising in daily life, including meal preparation (TABLE 1).

Components	**Meal Preparation**
1. Goal formulation	Express a need to be satisfied (i.e. I am hungry; I am going to prepare a ham sandwich and a salad).
2. Planning	- Determine what to do (i.e. select a recipe). - Establish a sequence of actions to follow (i.e. determine the ingredients required, revise the recipe). - Search for alternative solutions (i.e. there is no ham. Alternatives: 1) Purchase ham; 2) Replace the ham with another ingredient, such as tuna; or 3) Change recipes).
3. Carry out goal directed plan	Execute the sequence of actions defined in the plan (i.e. follow the recipe).
4. Effective performance	Making sure that the results correspond with the objective (i.e. having a sandwich ready to eat).

TABLE 1: Executive function components invoked during Meal Preparation, based on Bottari et al. (2010)

2.1.2 Assessing the Impact of Executive Function Deficits

In this paper, we aimed to identify the behaviour of people with TBI at home, how they accomplish IADL and what type of assistance they need for achieving their goals. As previously stated, executive functions are key psychological components that must be considered when attempting to understand the difficulties encountered by people with TBI in their daily lives. We therefore selected a formal method that draws an accurate picture of the difficulties experienced by people with TBI in their own homes and the appropriate type of assistance required to foster independence. Among the various evaluation tools that assess the impact of executive dysfunction on the achievement of IADLs [33], [34], [35], we chose the IADL Profile due to its ecological validity. It is administered in a real-world environment, that is, the individual's home and community. The IADL Profile measures the independence of TBI individuals as they perform IADLs, in consideration of the repercussions of executive function disorders [35], [36], [37], [3], [38], [39]. The IADL Profile proposes the evaluation of complex activities for adults with TBI (16-65 years old). In one of the scenarios included in this tool, the individual is asked to prepare to receive unexpected guests for a meal. Because of its non-structured approach and inclusion of complex and novel activities, the IADL Profile solicits executive functions and requires that the individual decide which menu to prepare, plan his or her shopping on a small budget, avoid purchasing food that is already available in the house, carry out various activities related to meal preparation, including grocery shopping, cooking, serving and cleaning, and evaluate his or her performance. This evaluation also provides a method for the detailed analysis of the observed behaviour and the required assistance to facilitate task performance [40].

During the evaluation of an individual with TBI using the IADL Profile, observed behaviours are analysed according to four operations: 1) Formulating a goal: the individual's capacity to find a solution

to satisfy a need; 2) Planning: the individual's capacity to identify the initial conditions before performing the task, and identification and selection of the most pertinent alternative to attain the task goal; 3) Carrying out the task: the individual's capacity to initiate and carry out his or her plan, as well as to modify it according to any problems that may arise during task execution; and 4) Verifying goal attainment: the individual's capacity to carry out an activity as planned and verify that the initially identified goal has been achieved. As the IADL Profile is administrated at home, the social and physical environments are taken into consideration. For instance, family members present in the home during the evaluation may unknowingly interfere with the evaluation to reduce the frustration experienced by the individual with TBI when faced with particular problems or challenges; untidiness in the kitchen may increase the risk of disorganisation and losing track of the task goal. The Occupational Therapist collects the data using the observation and scoring grid of the IADL Profile, in order to determine the independence of an individual to perform several IADLs. A six-level rating scale of independence (independence, independence with difficulty, need for physical assistance, need for verbal assistance, need for physical and verbal assistance, dependence) is applied to each operation for every activity performed.

2.1.3 Classifying Disabilities

Once we have determined the cognitive impairments that stem from TBI, along with their repercussions on daily functioning, we must specify how they will appear in a persona. The Disability Creation Process (DCP) provides a structure and helps categorise the various levels of dysfunction. DCP provides a better understanding of the underlying elements that cause a disabling situation [14], [41], [42]. Disability is presented as involving dysfunction at one or more levels: impairments, activity limitations, and restrictions to social participation. The DCP focuses on a comprehensive understanding of the individual's social participation, which includes individual characteristics (health condition and its impact on activities), along with the social and physical environments. Social participation is then defined as a person's involvement in a life situation that is influenced by individual and environmental factors. Environmental facilitators could eliminate the social participation restrictions one may experience due to physical or mental impairments.

This DCP model was used for this project for two reasons. First, it helped our interdisciplinary team share a common language based on the TBI individual's functioning: the causes, the repercussions on activities, and social participation. Second, it highlighted the necessity of designing a physical environment that improves social participation despite the cognitive impairments caused by a head injury.

FIGURE 1 presents two examples of the impact of head injury on the organic system, and their repercussions on life habits. In this example, the frontal lobe was affected; procedural memory was preserved while attention was impaired following the head injury. Life habits, like meal preparation and taking medicine, can still be accomplished if the social and physical environments respectively help to facilitate these daily activities. Alternately, environmental obstacles lead to handicap situations when the individual with TBI was unable to ensure his or her own safety or experienced disruptions in his or her routine.

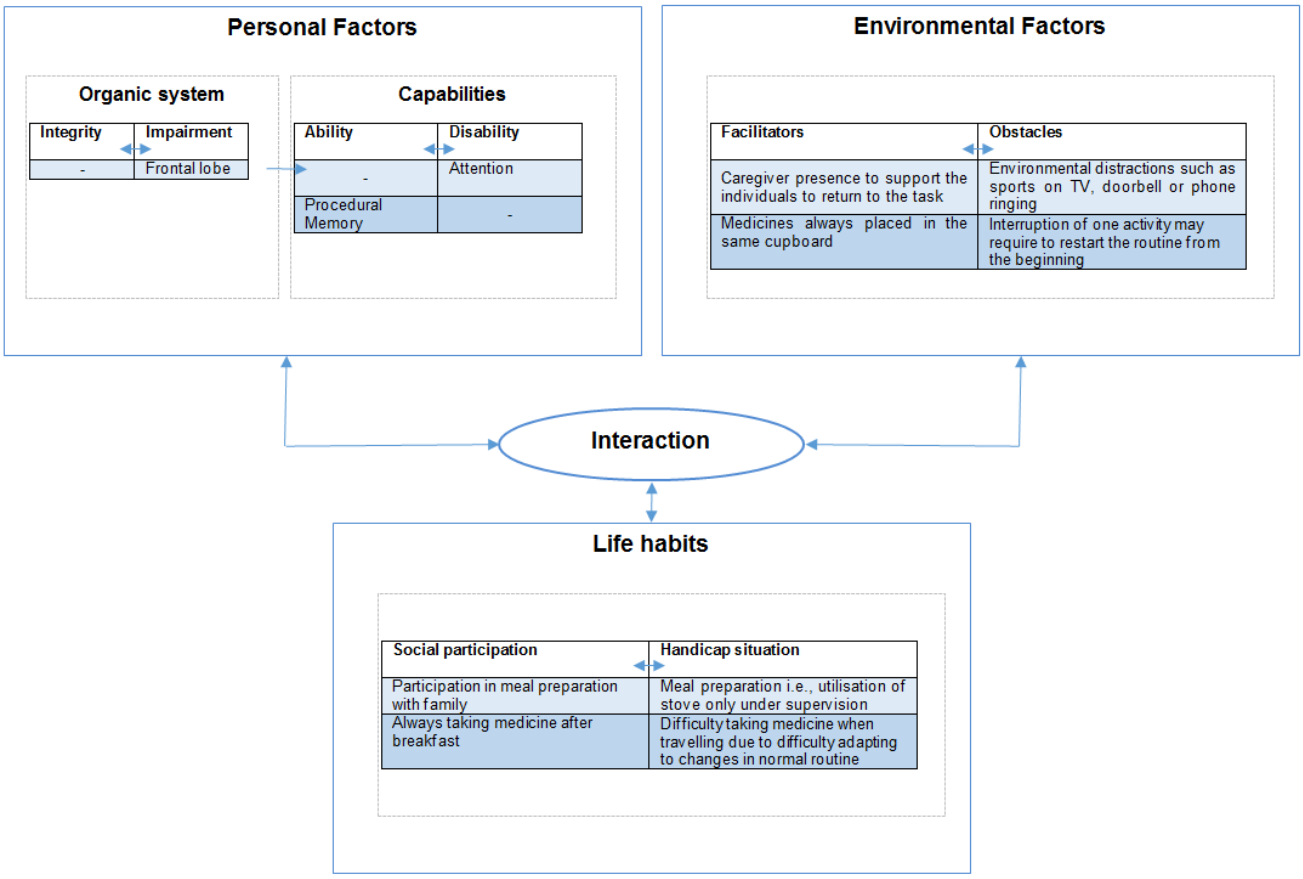


FIGURE 1: Disability Creation Process illustrating two TBI limitations (Adapted with permission from *Réseau international sur le processus de production du handicap(2010)*)

2.2 Personas and Scenarios

Personas and scenarios are used in this study to identify how the deficits experienced by persons with TBI can impact the independent achievement of IADLs. Thus, this section begins by providing a general overview of the persona, how it relates to a UCD approach, and the theories underlying its use. Next, the section provides a description of the persona-based methodology, including lifecycle and general persona features. Finally, the section presents a study on how personas were used for a cooking task.

2.2.1 Persona Design Approach

The UCD approach involves user-centred design stages, often used in computer ergonomics [43]. This approach provides a great deal of room for the user's knowledge, as well as the automated or software-supported tasks. The UCD approach is also characterised by an iterative design, allowing prototypes to evolve into an increasingly complete set of tools, including prototypes for usage scenarios, low-fidelity prototypes on paper, and functional prototypes. The user becomes actively involved in the design stages and participates in a variety of ways. He or she can work as part of the design team playing a major role in the participatory design approach or, through iterations, evaluate the prototypes as they undergo constant improvements through user testing. The UCD approach uses the persona and scenario-based design to create a profile of the new product's intended users. Who are these users? How do they organise their lives? How do they accomplish their tasks? What attitudes do they develop toward technology and novelty? What will be the product's usage context? The persona responds to the designers' prospective needs by studying a large number of users to characterise the use of a product that does not yet exist [44]. The persona and scenario-based approach can resolve these complexities at two levels. First, the personas

represent possible archetypal users from the new population segment, all of which are united by their potential need for an imaginary product. Second, the scenarios stage the usage and interactions that develop between persona and product.

The term “persona” comes from the Latin verb “personare”, or “to speak through a mask”. It refers to the mask worn by theatrical actors in antiquity. The mask plays an archetypal role by replacing the face of the actor with that of the character. The word “persona” has resurfaced in the marketing sector to represent a fictitious person that describes a targeted group of consumers [45]. The concept has been replicated by the Software and System Engineering community, where the persona, acting as a fictitious representation of targeted users, guides a variety of design decisions [13]. Their use has grown more precise and widespread over time. Once a mere character in a usage scenario, the persona’s role has been refined to include detailed biographical and ethnographical data collected during interviews and observations [13]. They have become full-fledged characters who attend design meeting and take part in decisions, all the while evolving into an image of the actual users [46].

The persona achieves many goals:

- It identifies the users who will benefit from the new product;
- It improves communication in a team that often includes professionals from various backgrounds;
- It facilitates decision-making and anticipates a future with the imagined product.

According to Bornet and Brangier (2013), multiple theories have explained the effectiveness of the persona. First, according to theories on actors and empathy, the persona helps prevent user descriptions that are too vague, like disembodied beings whose life experience the design team has difficulty imagining. By ascribing a life, a soul, preferences and anecdotes to the user, the persona promotes empathy within the design team. This, in turn, promotes creativity. The persona-based method relies on an actor’s performance, eliciting empathy and projecting desire. Designers become writers who give life to fictitious actors, going so far as creating theatrical experiences for the persona [47]. Cooper (1999) and Pruitt (2013) insist on the power of the persona to encourage design teams in adopting the roles of actors by identifying with the personas and by appropriating their knowledge and emotions to better infer their decisions. This change in perspectives therefore improves the design team’s understanding of potential users, along with their reactive modes, in order to anticipate the product’s usage. Second, according to theories on stereotypes, personas personify the typical users. But unlike stereotypes that depend on prejudices and rigid, socially constructed descriptions, personas display a complexity that makes them real, one that evolves with knowledge and enriches the design team. As such, the persona has more in common with theatrical archetypes of antiquity than it does with social stereotypes. Third, in accordance with theories on activity, the persona first appears to the design team as an artefact that transforms into a design instrument as its usage progresses [48]. At the start of its design, the persona contains characteristics and life experiences that make no reference to the product’s goal or intended usage. Instead, these components are generated later by the design team, making the persona into an instrument that mediates design. Through a process of instrumentalisation, designers can expand the product’s functionalities by using a persona that both promotes and defends its design ideas. Finally, Bornet and Brangier (2013) have shown how personas elicit creativity by stimulating emotions in designers, who grow to display empathy toward the persona, and by providing constraints that promote reasoning when designers adopt the persona’s thought patterns.

The persona-based method therefore provides a way to elicit empathy and creativity from a design team that shares common archetypes. However, a poorly defined persona may lead to an ill-conceived product and usage design. As a result, it may increase the distance between persona and actual users or usage situations. Moreover, some researcher express the fear of the eventual exclusion of actual users in favour

of these fictitious representatives. Finally some have also questioned the investments necessary to obtain a representative persona [44]. For example Pruit and Grudin (1999) hired a team of 22 designers dedicated solely to the creation of the persona to design of a new Web browser, MSN Explorer, and the support of the Microsoft Windows product. This cumbersome process seems not to be cost-effective.

2.2.2 Persona Design Methodology

Persona creation follows a methodology that corresponds to the metaphorical framework of the persona's lifecycle [49]. These successive phases are similar to the reproduction and development phases in humans (FIGURE 2).

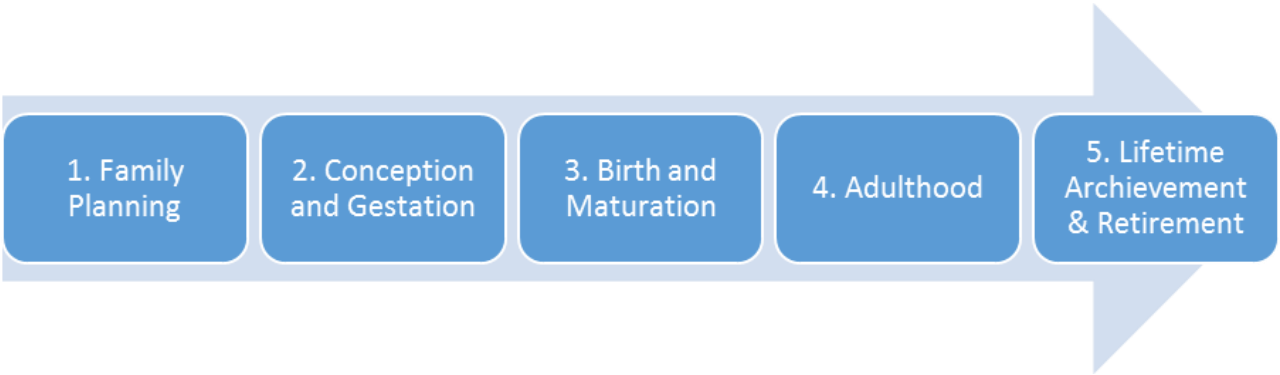


FIGURE 2: Persona lifecycle

1. During the Family Planning phase, the persona design team is assembled and the role of each member is defined. The targeted population is also identified, along with the theoretical models that will underpin data collection and persona characteristics.
2. The Conception and Gestation phase involves processing the information, identifying the subclasses, creating the skeleton and, finally, building and validating the personas. This phase is critical and the data collection must cover the entire targeted population and its characteristics to ensure representativeness for the resulting personas.
3. The Birth and Maturation phase consists of introducing team members to the resulting personas, giving the personas life through scenarios and, finally, validating the scenarios.
4. During the Adulthood phase, the personas play an integral role in the design team as they take part in meetings to ensure team coherence while providing a common language. It is here that the personas are made to evolve according to the situations encountered by the team. The Adulthood phase continues for the duration of product creation.
5. When the design is completed, the personas are allowed to retire in the last phase of their lifecycle, the Lifetime Achievement and Retirement phase. They may, however, be solicited once more to assist in product design, leading to their rebirth.

Like humans, personas have their own characteristics (TABLE 2). While these characteristics are subject to the type of product or service under consideration, there is consensus in the literature regarding the three categories that define the persona: identity, attitude and behaviour, and the product's usage context [44]. To promote sharing and empathy within the team, the persona must be attractive. A design team that experiences positive emotions will be motivated to create products that satisfy the persona. The design challenge is to create persona descriptions that are sufficiently precise to encourage designers to identify with their personalities without getting lost in the details. Personal characteristics, such as anecdotes, make the persona more convincing. There are two types of personas: primary personas, for whom the

product is intended, and secondary personas, for whose needs the product is not intended, but whose environment and preoccupations will be impacted. The number of personas depends on the scope and diversity of the targeted population. This number, however, must be relatively small (less than seven) to facilitate the team's identification with each.

Components	Descriptions
Identity	Individual, sociological, psychological and socio-ethnic variables.
Attitude and Behaviour	Life objectives, desires and emotions, attitudes toward the tasks and product, anecdotes.
Usage Context	Usage environment and constraints.

TABLE 2: Persona characteristics

2.2.3 Persona and Cooking

The persona-based approach has been used to identify how the general population cooks at home. Recent technological developments have led Kerr et al. (2014) to focus on domestic assistance, which, thanks to the smart home, can adapt to the needs and experiences of each home. More specifically, the authors paid close attention to assistance in meal preparation in an effort to manage uncertainty (what are the available ingredients), efficiency (how to prepare a meal with limited time), distractions (primarily involving safety), and nutrition (preparing healthy and nutritious meals). The data was collected by observing a dozen participants who prepared a midday or evening meal at home. Thus, three primary personas and three secondary personas were created to represent the population's cooking skills: beginner, experienced and expert. These personas were validated with a 41-question "survey" sent to 10 respondents. The study revealed that cooking is usually a solitary activity, but the results provide an opportunity to share. The authors examined the various "cooking" steps that could benefit from technological assistance, like choosing a recipe, increasing motivation to perform a routine task, or facilitating family organisation and planning.

3 Methodology

The persona was created to facilitate the design of a new cooking assistant for people with TBI, named COOK. COOK is an acronym that stands for Cognitive Orthosis for coOKing. This study constitutes the first part of the UCD approach that seeks to identify the targeted population and the system's intended use. COOK is designed on ubiquitous computing and will be deployed in a smart home equipped with sensors and effectors. It is also assumed that the COOK infrastructure will be divided into three subsystems. First, we will present how COOK would eventually be installed within a smart home and how it would likely interact with people with TBI. We will then present the methodology applied in designing personas that represent the TBI population and how this persona will interact with COOK.

3.1 Study Context: Designing a Cooking Assistant

COOK is intended to provide cognitive assistance to individuals with TBI to accomplish meal preparation within a smart home. It stems from previous research examining the needs and desires of seven individuals with severe TBI living in a semi-autonomous residence [50]. Meal preparation was an IADL identified by these residents to promote their social participation. In accordance with the UCD approach, we solicited various stakeholders when establishing the need for a cooking assistant. These included residents with TBI and their proxies, residence. Caregivers who had cared for the residents on a round-the-clock basis, and a support staff of clinicians of a rehabilitation centre who have been supporting the residence.

COOK would thus be an assistive application intended to promote resident's independence during meal preparation. First, it will record information when an event occurs in the environment, through various sensors dispatched throughout the smart home. It will then infer which activity is being performed and identify potential errors in its execution. This information will be used to determine what assistance the resident requires. Environmental cues will then be sent to the resident, depending on how the activity is progressing, to help the resident in his or her cooking task. Sensors will be used to detect the actions that are occurring in the smart home, what appliances are being used, and where the resident is located. These will include infrared sensors, flow meters, microphones, electromagnetic sensors and electric sensors. Various effectors dispatched in different rooms within the smart home will be used to deliver the appropriate information to assist the resident anytime and anywhere. These will include loudspeakers to play vocal messages or music, a computer screen or television monitor to display running text messages or pictures, and lights that switch on to focus attention. The resident will interact with the smart home using a touch screen computer or a voice recognition device.

COOK will be designed as a distributed system composed of three core subsystems, each of which will collaborate in making decisions towards ultimately providing the appropriate assistance to the user:

- Supervision Subsystem: will recognise the activities performed by the resident using a sensor network installed inside the smart home.
- Assistance Subsystem: will determine the appropriate assistance needed by the resident based on his or her user's profile, data usage history, chosen recipe. Along with the assistance required when the resident's errors are detected during meal preparation.
- Communication Subsystem: will display the required assistance that was identified by the Assistance Subsystem, along with the resident's location, in a way that the assistance is easy to understand, using a computer screen or other effectors. This subsystem will interact with the user through a touch screen monitor or a voice recognition device.

Information is intended to flow between the resident and all three core subsystems to promote a smooth meal preparation within the smart home (FIGURE 3). The following summarises the seven steps we expect will be involved in these interactions. From now on, the persona is going to play the resident role in order to facilitate the user-based design of the cooking assistant:

1. The persona launches COOK and selects the recipe he or she wishes to prepare. The Communication Subsystem notifies the other two subsystems.
2. Based on the persona profile, the Assistance Subsystem initiates a customised intervention plan to support the persona during meal preparation. The plan is shared with the other two subsystems.
3. An assistance loop is triggered between Steps 4 and 6 until the end of the meal preparation.
4. The persona accomplishes an action, which is detected either by the Supervision Subsystem (i.e., the persona opens a door, this action is detected by an electromagnetic sensor), or by the Communication Subsystem (i.e., the persona selects a step in the meal preparation on the touch screen). The Assistance Subsystem receives the incoming events performed by the persona.

5. The Assistance Subsystem ensures that the actions performed by the persona matches the predefined persona-based intervention plan. If the persona's actions are not congruent with the intervention plan, the Assistance Subsystem suggests other actions to support the completion of the meal preparation. The Assistance Subsystem informs the Communication Subsystem of the cues that must be transmitted to the persona.
6. The Communication Subsystem performs assistance acts that advise the persona on the required actions to perform [10]. The Communication Subsystem ensures that the persona follows these actions appropriately and may adjust its assistance acts in case of errors. This subsystem informs the Assistance Subsystem of the ongoing interactions.
7. The persona indicates the end of the meal preparation. COOK ceases its assistance. The persona can no longer use the stove, for example, until COOK is once again activated (Step 1).

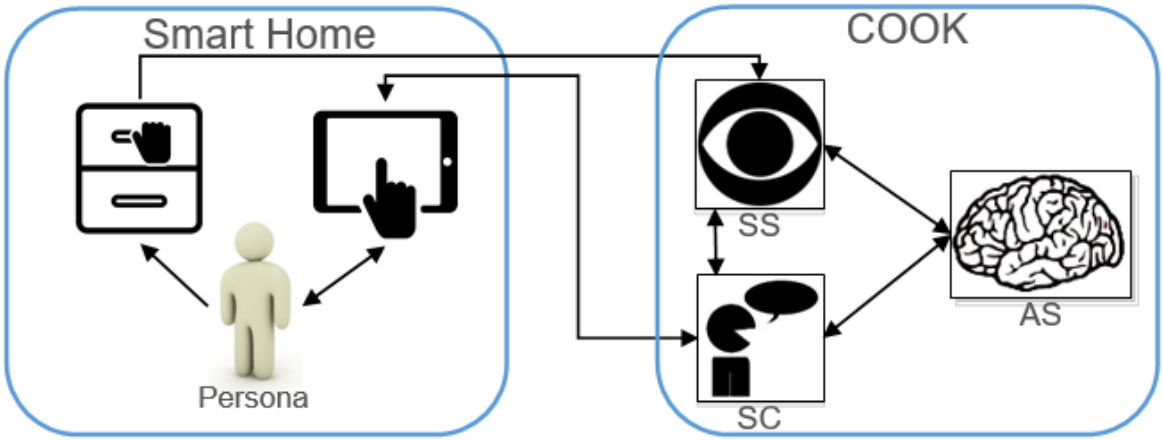


FIGURE 3: Flow of interaction between COOK and the persona.
Legend: SS: Supervision Subsystem, AS: Assistance subsystem, CS: Communication Subsystem.

3.2 Creation of the Persona

The persona's creation methodology was designed according to the four first phases of the persona's lifecycle.

3.2.1 Phase 1: Persona Family Planning

The persona's Family Planning phase was performed in three steps. First, we identified the teams involved in the creation of the persona, along with their roles. Second, we specified the target population. Third, we selected the theoretical models to help with the development of the persona.

3.2.2 Phase 2: Persona Conception and Gestation

During the Conception and Gestation phase, researchers in computer science investigated the characteristics of the TBI population through various activities, which are summarised in four steps (TABLE 3). We initially reviewed the literature to identify TBI-related issues. This review focused on cognitive deficits, but it proved insufficient to fully understand the difficulties that individuals with TBI encounter in their daily lives. This review was completed with other sources that deal with the repercussions of TBI on independence in everyday activities. Team members composed of researchers in occupational therapy trained the Computer Scientists during a workshop and video analysis sessions.

Conception Steps	Objectives
1. Literature Review	• Reviewing web sites and scientific articles to identify the main limitations of TBI individuals in their daily lives. • Defining the number of personas to create.
2. IADL Profile Training	• Understanding the IADL Profile evaluation tool by following a workshop reserved to OT. • Familiarising Computer Scientists with TBI behaviour through video recordings of IADL Profile evaluations. • Familiarising Computer Scientists with occupational therapy interventions.
3. Video Analysis	• Observing the functional limitations faced by TBI individuals during the execution of different IADLs. • Identifying the diversity of TBI profiles. • Studying the selection and use of cognitive strategies employed by Occupational Therapists to support TBI individuals during the IADL Profile evaluation.
4. Persona Formalisation	• Creating a persona skeleton adaptable to any individual with TBI. • Creating personas to be used during interdisciplinary meetings.

TABLE 3: Conception and Gestation Phase

3.2.3 Phase 3: Persona Birth and Maturation

The goal of this phase was to confirm the persona's ability to realistically represent the daily limitations faced by the TBI population. First, the cooking assistant team performed a validation with expert researchers in TBI rehabilitation. A second validation took place with clinicians who were unfamiliar with the cooking assistant project. The evaluators were introduced to the persona methodology, including the theoretical models underlying the persona creation, the organisation of documents, and a brief description of each persona.

Internal Validation

Five members of the cooking assistant project took part in the internal validation, including three Occupational Therapists with 5 to 20+ years of experience with the TBI population, one speech and language pathologist with over 25 years of experience with the TBI population, and one researcher with over 15 years of expertise in Human-Computer Interaction (HCI) assistive technology for cognitive deficits. The internal validation was conducted with each individual separately. The personas were sent to each participant who documented their comments. Finally, individual discussions were held with each evaluator to clarify and integrate comments within a revised version of each persona.

External Validation

Three clinicians with over 15 years of experience with the TBI population took part in the external validation, including one Occupational Therapist, one Neuropsychologist, and one Social Worker. The validation took place during a 60-minute meeting with a focus group composed of the three external evaluators, two Occupational Therapists from the conception team, and two persona authors. After the persona presentation, an evaluation grid (see Appendix A) was distributed to each evaluator, who filled them out individually over a 20-minute period. The individual evaluation was followed by an open discussion between the evaluators and the persona authors.

3.2.4 Phase 4: Persona Adulthood

The persona Adulthood phase was used to determine the COOK functionalities, expected user

interactions, along with the interactions involved in the three COOK subsystems through concrete situations [51]. In this phase, two scenarios were created in which personas performed a meal preparation. One scenario included assistance from the Occupational Therapist, and the other included assistance from COOK. The first scenario sought to determine how dysfunctioning impacted the meal preparation and which interventions were required to help the persona complete the task. This scenario was based on the IADL Profile evaluation. In the scenario with COOK, we detailed how the persona interacted with COOK during meal preparation, what information COOK gathered through its sensors, and which cues would be delivered incrementally to help the persona to complete the meal preparation. This scenario was also based on the IADL Profile evaluation.
Clinical team members, along with clinicians not involved in our project, validated the two scenarios.

4 RESULTS

The results are presented below according to the four phases of the persona's lifecycle.

4.1 Phase 1: Persona Family Planning

Designing a cognitive assistant for a specific population requires vast knowledge that includes the TBI population's strengths, limitations, needs, cognitive rehabilitation best practices, along with ubiquitous computing and HCI expertise. Our interdisciplinary team was mainly composed of two sub teams, including one specialising in clinical research, and one specialising in computer science. The role of each sub team involved the following:

1. Computer science team: Designing the personas and scenarios. Most of its members had no experience with the TBI population.
2. Clinical team: Providing information about TBI and validating personas and scenarios. Some members had experience in assistive technology, but most had no experience in User Centered Design.

The target population consisted of individuals with TBI, all severities included.

The team members selected and agreed upon the following theoretical models for this project:

1. The IADL Profile to assess the impact of executive functions on IADLs [36]. This was chosen because the IADL Profile can determine the level of independence of an individual with TBI and measure his or her limitations in IADLs. It provides a portrait of independence at home for specific IADLs in the home, including meal preparation.
2. The DCP [35] was used as a taxonomy to categorise the persona's abilities, limitations and social participation. This model was used because it focuses on the interaction between individual abilities and the environment and therefore highlights the cooking assistant's use within the environment.

4.2 Phase 2: Persona Conception and Gestation

The outcomes of the persona Conception and Gestation phase are presented according to the four steps involved in its methodology:

Literature Review

The Literature Review led to the identification of several articles that helped establish the more common cognitive, behavioural, emotional, communicational and physical disabilities that result from head injury, including [16], [19], [23], [24], [25], [26], [27]. Next, we designed three personas according to head injury severity: mild, moderate and severe. We also designed two secondary personas: 1) an Occupational Therapist that offers interventions to individuals with TBI, and 2) an informal Caregiver, that is, the mother of the persona with a severe TBI.

IADL Profile Training

Four members of our research team specialising in computer science attended a 3-day training workshop aimed at understanding the repercussions of TBI deficits on everyday activities, with twenty OTs. This workshop consisted of (1) a presentation of the evaluation tool, (2) practice of behavioural observations of IADL Profile evaluation sessions using videos of individuals with TBI, and (3) elaboration of interventions to address the observed difficulties through simulations. During training, several interactions occurred between Computer Scientists and Occupational Therapists that helped the former develop the ability to observe and identify atypical behaviour individuals with TBI had in everyday activities. The Computer Scientists discovered how executive function impairments could impact activities of daily living. To illustrate such impairments, videos were shown involving for example, a woman who was unable to formulate the goal of preparing a meal because the surrounding objects within her environment continuously captured her attention and diverted her from formulating the goal of preparing a meal. Another example involved a retired teacher who was unable to discern the multiple mistakes he made while writing a check, although he provided numerous excuses to hide his difficulties. When learning how to rate the performance of individuals with TBI during the ADL Profile evaluation, the Computer Scientists identified some of the right and wrong actions people with TBI may undertake. Also, during the workshop, various simulations were used to illustrate how Occupational Therapists provided assistance to individuals with TBI during IADL performance. By analogy, Computer Scientists identified the critical situations in which COOK may assist, how to prepare assistance, and how to interact with individuals with TBI.

Video Analysis

During the Video Analysis, two members of the research team specialized in computer science observed, under the supervision of one Occupational Therapist four subjects with TBI performing three IADLs: shopping for groceries, preparing a meal and obtaining information. These four subjects had been evaluated by an Occupational Therapist using the IADL Profile. These videos illustrated the diversity of behaviours that can be observed and how each case was unique. The same cognitive impairment could underlie different behaviour, leading the Occupational Therapist to adapt her interventions to the individual's impairments and abilities. For instance, one individual with TBI had prepared his meal with verbal assistance in a reasonable amount of time. In contrast, another individual with a similar cognitive profile required very close and detailed verbal assistance, several repetitions, and more time to accomplish the same IADL. As a result, this Video Analysis provided valuable insights identifying the critical situations in which the persona is involved and which require cognitive assistance to help the persona to pursue the task execution; a discussion with the Occupational Therapist followed the video analysis to further the computer scientists' understanding of what they had just observed.

Persona Formalisation

Finally, the persona's skeleton was designed by combining the characteristics that emerged from the HCI literature (TABLE 2) and the DCP model used in describing impairments and handicap situations [14]. This skeleton was organised into three main sections: Personal Factors, Environmental Factors, and Life Habits, according to the DCP taxonomy. The first section of the skeleton was divided into two parts:

1- Personal characteristics (i.e. photo, name, gender, age, etc.), and the persona's pre-accident information (i.e. family situation, personality, occupation) [51], [45].
2- Information, including clinical information (i.e. Glasgow Coma Scale, post-trauma delay, etc.), socio-economic information (i.e. type of compensation, income), risk factors, including type of accident, causes (i.e. car crash caused by high-speeds driving and alcohol consumption), along with abilities and limitations in the following spheres: cognition, language, behaviour, and motor skills.

Consequently, we determined the persona's gender and age, along with the cause of TBI, in order to target the demographic and the most frequent characteristics of TBI. Current scientific knowledge divides the TBI population into mild, moderate and severe trauma, in accordance with the severity of the injury. We therefore used this classification to create three primary personas (FIGURE 4):

1. Jacques*, who had mild TBI;
2. Alexandra†, who had moderate TBI; and
3. Frédéric[2], who had severe TBI.

Mild traumatic brain injury

Personal factors - Identification and information before the accident			
Family name	La roche	**Given name**	[1]Jaques
Date of birth	02/15/1945	**Place of birth**	Montréal
Gender	Male	**Age**	69 ans
Weight	78 kg	**Size**	1,70 m
Marital status	Married, (2 children)		
Current living situation	He lives with his wife		
Personality	Respectful, expressive, family spirit, ready to listen, joyful		
Occupation	Retied senior manager in a financial institution		
Social class	Middle		
Personal factors - Information after the accident			
Glasgow Coma Scale score	14	**Duration of posttraumatic amnesia**	18 hours
Loss of consciousness	20 minutes	**Time post-injury**	14 years
Financial information	Early retirement at 55 years after his accident	**Revenue (SAAQ)**	51000 CAD$ / year

Moderate traumatic brain injury

Personal factors - Identification and information before the accident			
Family name	Tremblay	**Given name**	[1]Alexandra
Date of birth	12/28/1961	**Place of birth**	Québec
Gender	Female	**Age**	53 years
Weight	64 kg	**Size**	1,63 m
Marital status	Divorced (3 children, aged of 35, 29 and 21 years)		
Current living situation	She has been living in a foster family since her accident		
Personality	Empathetic (sensible, friendly, loves to care of others and to feel useful)		
Occupation	Nurse		
Social class	Middle		
Personal factors - Information after the accident			
Glasgow Coma Scale score	12	**Duration of posttraumatic amnesia**	19 days
Loss of consciousness	2 days	**Time post-injury**	5 years
Financial information	SAAQ financial compensation	**Revenue (SAAQ)**	37000 CAD$ / year

*Image courtesy of Ambro at FreeDigitalPhotos.net

†Image courtesy of stockimages at FreeDigitalPhotos.net

Severe traumatic brain injury

Personal factors - Identification and information before the accident			
Family name	Chauvin	**Given name**	[1]Frédéric
Date of birth	01/05/1994	**Place of birth**	Sherbrooke
Gender	Male	**Age**	20 years old
Weight	73 kg	**Size**	1,80 m
Marital status	Single		
Current living situation	He was living with his girlfriend prior to his injury, but has been living with his parents since his injury. Moreover, he just has one married sister living in Vancouver.		
Personality	Active, enthusiastic and very social		
Occupation	First year student college		
Social class	Middle class		
Personal factors - Information after the accident			
Glasgow Coma Scale score	3	**Duration of posttraumatic amnesia**	29 days
Loss of consciousness	3 weeks	**Time post-injury**	3 years
Financial information	SAAQ financial compensation	**Revenue (SAAQ)**	37 000 CAD$ / year His mother gets Personal provision aid

FIGURE 4: Primary personas

We also designed two secondary personas to represent the Occupational Therapist and Caregiver. Their persona's skeleton included personal information and main responsibilities related to the primary persona (FIGURE 5):

1. Anne[2], the Occupational Therapist, who intervenes with persons having sustained a TBI; and
2. Alexa[2], Frédéric's mother. The other two primary personas do not require the assistance of a Caregiver in activities of daily living.

Caregiver

Personal Information			
Family name	Tramblay	**Given name**	[1]Alexa
Date of birth	06/15/1956	**Place of birth**	Iles de la madeleine
Gender	Female	**Age**	58 ans
Weight	50 kg	**Size**	1,64 m
Marital status	Married		
Current living situation	She is focused on taking care of her son Frédéric and the family home. She has abandoned her own leisure and social activities since her son's accident.		
Personality	Welcoming, smiling and generous of spirit		
Occupation	Housewife		
Responsibilities			
• Schedules meals and grocery shopping • Manages budget • Supports Frédéric when outside • Supervises Frédéric			
Flaws			
• She tends to be overprotective • She becomes anxious when confronted to her son's limitations • She neglects her own well-being since her son's accident			

Occupational therapist

Personal information			
Family name	Fortin	**Given name**	[1]Anne
Date of birth	02/09/1987	**Place of birth**	Saguenay
Gender	Female	**Age**	27 years
Weight	53 kg	**Size**	1,66 m
Marital status	Single		
Current living situation	She loves to interact with others and to support them		
Personality	Warm and smiling		
Occupation	Occupational therapist		
Responsibilities			
• Evaluates the functional capacities of individuals with Traumatic Brain Injury • Designs intervention plans			

FIGURE 5: Secondary personas

4.3 Phase 3: Persona Birth and Maturation

The Birth and Maturation phase presents the outcome of the Internal and External Validations.

Internal Validation

The first concern during Internal Validation involved the number of personas created for the cooking assistant project. Personas with a mild or moderate TBI were discarded because such individuals were unlikely to require assistance to accomplish IADLs. Moreover, the objective of rehabilitation in

mild or moderate TBI cases is to support the recovery of pre-injury habits. It is therefore recommended that they develop independence primarily without compensatory tools. Therefore more permanent cognitive assistance, such as that provided by assistive technology, is not generally required. As a result, we only considered assistance needed by individuals with severe TBI. We focused on people who were unable to live independently and required external supervision due to cognitive and behavioural limitations [16], [19], [28]. Moreover, it was made clear by the rehabilitation researchers that it may even be contraindicated to offer this type of assistance to individuals with mild and moderate TBI as compensation measures of this type are rarely recommended for this clientele. Hence, the validation processes only involved the persona with severe TBI, namely Frédéric.

During internal validation, certain characteristics were reinforced to improve the impairment and behavioural coherence of the severe TBI persona and impacts on activities of daily living were also represented. Among the major additional characteristics were the impairments related to executive function (i.e. initiation, planning and carrying out difficulties), along with other cognitive characteristics, such as judgment and self-awareness. Other major modifications included details about social participation (i.e. relationships with family and friends and the use of social networks), as well as the impact of cognitive impairment on life habits (i.e. difficulty in using electrical appliances without supervision).

External Validation

External evaluators found Frédéric believable and representative of the severe TBI population. They approved of the persona's template organisation, the coherence between cognitive impairment, and their repercussions on behaviour. They emphasised the variety of roles played by clinicians during the rehabilitation process. To illustrate this point, dizziness was overcome with the help of Physiotherapists. Bathing independence could be achieved using compensation tools like grab-bars during several sessions with an Occupational Therapist.

As a result of external validation, we modified some information to script a more realistically severe TBI persona. These modifications were based on the clinicians' comments and the rating of the evaluation grid. The main changes included:

- Persona occupation: first year college student;
- Impairments caused by his physical problems: 3 years post-injury, he was able to take a bath;
- Financial compensation: his annual income was adjusted according to the *Société de l'assurance automobile du Québec* (SAAQ) policies on traffic accidents;
- Social activities: participating in activities organised by a TBI association was discouraged due to Frédéric's aggressive reactions;
- Recommendations formulated by the Occupational Therapist and doctors: Frédéric could use electrical appliances only with supervision.

The final result was Frédéric Chauvin, a persona representative of the severe TBI population. His profile was previously illustrated in FIGURE 4. After a car accident caused by high-speed driving and alcohol consumption, his life changed dramatically. He was no longer able to go to school and was forced to return to live with his parents. According to the DCP, Frédéric presented some cognitive, communicational, behavioural and physical limitations (TABLE 4). His cognitive abilities were impaired, which led to difficulties when adapting to new or potentially dangerous situations. He encountered difficulties in understanding complex language and became aggressive and disinhibited. His movements were slow. Over time he lost his girlfriend and many friends.

Personal Factors		
Capability	**Criteria**	**Description**
Cognitive	Attention	He can perform only one activity at a time.
	Memory	He is able to perform basic activities, such as eating, brushing his teeth and dressing himself. He needs constant reminders of task objectives and the steps required to perform the activity.
	Judgment	He has difficulties to recognize potentially dangerous situations (i.e. leaves the kitchen while he is using the stove. This can burn the food or cause fires).
	Executive functions	- Difficulty initiating a task (i.e. distracted by the environment), planning a sequence of actions to reach an objective (i.e. verifying the ingredients and time available to prepare a recipe). Moreover, when carrying out an IADL, he may forget to perform certain steps, such as washing the vegetables before cutting them, changing the order (i.e. switching on a hotplate and letting it heat up before looking for a sauce pan); - He is seldom aware of his mistakes. He has problems with awareness and self-evaluation; - He has adaptation problems (difficulty with new situations and respecting the rules imposed by his family).
Language	Expression	He talks a lot; his speech is loud and tangential. He frequently uses rude and sometimes aggressive language. He lacks facial expressions; even when angry, his facial expression remains neutral.
	Comprehension	He has difficulty understanding more than three simple instructions at a time; he forgets what he had been requested to do.
Behaviour	Indifference	He does not show any interest in what is happening around him (i.e. community and family).
	Motivation	He only wants to watch TV. His parents encourage him to do activities, like taking walks, going to the grocery store, and fishing. He prefers to rest at home, pretending to be tired.
	Emotional control	He has sudden and aggressive reactions. He shouts at and insults the people around him.
	Disinhibition	He has disinhibition problems in social contexts. He says everything that crosses his mind (i.e. "You are really fat!").
Motor skills	Mobility	He uses a cane to walk and walks slowly.
	Object manipulation	He has difficulty manipulating objects with two hands due to a spastic upper-left limb. He cannot perform activities requiring fine motor skills.
Environmental Factors (Facilitator-Obstacle)		
Factor	**Criteria**	**Description**
Social	Health system	He completed rehabilitation 1 year ago.
	Family structure	- He lives in a house with his mother and father. His mother is always at home (housewife) and his father returns home every evening (employee); - His sister lives in Vancouver. She calls him once a week; - His mother supports him most of the time. She is overwhelmed by her son's aggressiveness; - His parents have disagreements about how to assist their son.
	Social network	He has few contacts with his friends since his accident. His girlfriend left him 6 months after his accident. His two best friends visit him from time to time. He received a few letters at Christmas.
Physical	Electronic appliances	His parents have a variety of electronic devices at home, such as smart phones, tablets, televisions, laptops, radios, etc. He enjoys Facebook, listening to music and watching TV.
	Vehicles	His family owns two cars. He constantly expresses the desire to drive again.

TABLE 4: Persona Post-Accident Cognitive Capabilities and Environmental Factors

Frédéric's Life Habits were disrupted as a result (TABLE 5). He was relatively independent in simple ADLs, but was no longer able to perform complex activities such as communication or IADLs.

Life Habits and Social Participation		
	Criteria	**Description**
Nutrition	Diet plan and meal preparation	His mother takes care of planning menus, shopping for groceries and preparing meals. For safety reasons, the Occupational Therapist recommended that Frédéric avoid using electrical kitchen appliances without supervision. He eats a bowl of cereal each morning. But afterwards, he forgets to put the milk back in the refrigerator.
Body condition	Rest	He sleeps around twelve hours on a daily basis. This includes two 1-hour naps. He wakes up at around 10:00 am. Before the accident, he would wake up early to study.
Personal care	Bathing	He is able to shower independently with technical aids, such as a shower bench, wall-mounted bars and a long handle brush.
	Excretal hygiene	He is independent with his hygiene.
	Dressing	He is able to dress himself though he seldom changes his clothing.
	Health care	- He has problems cutting his food. His mother tries to avoid this situation by providing him with pre-cut food; - He takes his medication independently, using a Dispill, though his mother always verifies that he has taken it correctly. He takes it every morning after his coffee.
Communication	Oral and non-verbal	- He has difficulty talking with more than 3 people at a time (attentional problems). He tends to get lost during conversations and starts talking about himself. - He shows no interest in other people's conversation.
	Written	He is able to write, but slowly. He enjoys writing comments under the profile of his Facebook friends.
	Telecommunication	He is able to use the Internet for simple tasks, such as browsing Facebook, or "adult" and sports sites, like he did before his accident. However, he is not able to use the Internet functionally to search for new information.
Home	Home activities	- He cleans his bedroom only after repeated requests from his mother. - He is allowed to use electrical appliances, but only under supervision.
Mobility	Transport	His outdoor activities depend on the availability of his family.
Responsibilities	Finances	He does not manage his finances. He gets 50 dollars each week for personal use.
Interpersonal Relationships	Affective	His girlfriend left him 6 months after his accident because she could not accept his disinhibited and aggressive behaviour.
	Social relationships	He has difficulty establishing social contacts due to his disinhibited, aggressive and self-centred behaviour.
Social	Education	The rehabilitation team recommends that he cease his college studies due to his physical, cognitive and behavioural problems.
Leisure	Socio-recreational activities	He spent a lot of time listening to music and watching sports on TV. His parents frequently encouraged him to take walks. He used to fish with his father during the fishing season.

TABLE 5: Persona Participation

4.4 Phase 4: Persona Adulthood

During the persona's Adulthood phase, Frédéric, the persona with severe TBI, performed IADLs in two different situations, one in which he was evaluated by an Occupational Therapist with the IADL Profile evaluation, but without the assistance of COOK, and a second in which Frédéric prepared a meal with the assistance of COOK.

4.4.1 Scenario without the Assistance of COOK:

We described the performance of Frédéric in the following three scenarios:

- Preparing a hot meal for unexpected guests;
- Obtaining the bus schedule to go from Montreal to Toronto;
- Making a budget.

Using the standard procedure with the IADL Profile evaluation, an Occupational Therapist came to Frédéric's house and asked him to realize the three IADLs in a real-world setting. This scenario described how Frédéric's mother interfered during the process, how he demonstrated inappropriate behaviour, and how the tasks took an inordinate amount of time, forcing the evaluator to terminate the evaluation (FIGURE 6).

As soon as the Occupational Therapist entered Frédéric's home, he expressed disinhibited behaviour, misunderstanding some of her requests and responding with inappropriate sexual proposals. When Frédéric went into the kitchen, his mother reminded him that he cannot use the oven without supervision. The Occupational Therapist reassured Frédéric's mother that she was going to ensure his safety in the kitchen. However, Frédéric became aggressive towards his mother for making that statement and it took at least five minutes to calm him down.

Next, Frédéric sat down and did nothing for a long period of time. The Occupational Therapist reminded him that she came to observe him performing certain tasks and that she would assist him if he needed help. "Are you ready to start the first task of preparing a hot meal?" she asked. Frédéric replied that he would like to prepare spaghetti. He looked for a pan and opened several cupboards. He unknowingly made errors while following the recipe. He often asked for help when he could not perform some of the actions involved. After eating the spaghetti, he took a 30-minute break in the living room.

During the second task of obtaining the bus schedule to go from Montreal to Toronto, the Occupational Therapist had to ask him twice to clarify what was required by the task. She also encouraged him to initiate the task. Using a directory provided by his mother, Frédéric began to read the first pages of the directory. He became aggressive when the Occupational Therapist found the correct page and pointed out the number to call. During the call to the bus company, Frédéric asked for a sheet of paper and a pencil. He wrote down bus timetables without being systematic. The Occupational Therapist decided to stop the evaluation without initiating the third task of making a budget, because Frédéric was exhausted by then.

FIGURE 6: Summary of the Scenario without COOK Assistance

Three OTs, all members of our team, validated this scenario. They found it credible and only required a few minor adjustments. One did not understand why new scenarios were required, as the persona's behaviour seemed clear. She also noticed the scenario's similarity with the Video Analysis involving real patients, seen during the previous phase. The external clinical teams read the scenario but did not point out any problems.

4.4.2 Scenario with the Assistance of COOK Assistance:

In this scenario, the persona interacted with COOK and its three subsystems: Supervision Subsystem, Assistance Subsystem and Communication Subsystem. Each main entity acting in the scenario was represented by an icon (TABLE 6).

Actor Icon				
Role	Frédéric	Supervision Subsystem	Assistance Subsystem	Communication Subsystem

TABLE 6: COOK Actors

The meal preparation task was described according to the four operations contained in the IADL Profile:

- Goal formulation (TABLE 7);
- Planning (TABLE 8);
- Carrying out the task (TABLE 9);
- Verifying goal attainment (TABLE 10).

A nine-page document specified Frédéric's actions and the role of each subsystem as he evolved throughout the task of meal preparation. Examples are provided in TABLEs 7 through 10. Assistance was provided according to a number of cognitive strategies, and are presented in TABLE 11. [52]. Assistance is provided if:

- An error was detected by COOK, and more specifically by the Supervision Subsystem or the Communication Subsystem;
- The Assistance Subsystem identified a situation that required the simplification of a task;
- The persona made an explicit request for assistance.

During the initial goal formulation operation, COOK detected Frédéric's presence in the kitchen. COOK inferred Frédéric's goal (to prepare a meal) based on the current time and the last time he prepared a meal (see TABLE 7).

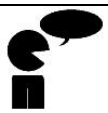
Actor	Scenario
	It is 12 o'clock, Frédéric is hungry. He notices that his mother is gardening; however, he does not want to interrupt her activity. So, he decides to prepare himself lunch. He goes to the kitchen and starts thinking about what he would like to eat. Frédéric moves toward the COOK main touch screen.
	Detects that: Frédéric is in the kitchen and that he is alone at home - His mother is in the garden. - His father is absent. - The last time Frédéric ate was 3 hours ago.
	Selects "Modality-specific strategies" with the purpose of getting Frédéric's attention and starts the assistance.
	« Hello Frédéric, How are you? » Presents two goal choices; « what do you want to do today? Prepare a meal or Prepare your grocery list »
	Frédéric selects "Prepare a meal".
	Infers that Frédéric has properly started his goal.

TABLE 7: Excerpt of the Scenario with COOK Assistance: for the goal formulation operation

As detailed in TABLE 8, during the planning operation, Frédéric appeared indecisive about which recipe to prepare, so COOK restricted the number of items displayed to help Frédéric make his

choice. Once the recipe was selected, the remaining elements of the planning operation reviewed the principal steps involved in this recipe and ensured that Frédéric was ready to start. People with executive function deficits may forget this important operation, which can lead to difficulties in completing the activity. COOK drew Frédéric's attention to the principal steps of the intended task and displayed cues in the kitchen to help him focus on the recipe and ignore environmental distractors. COOK evaluated the risks of Frédéric's current cooking situation and adjusted the level of assistance (TABLE 8).

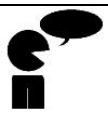
Actor	Scenario
	Displays the recipes catalogue which includes appetizing pictures.
	Frédéric browses the recipes.
	Five minutes later, Frédéric has not yet chosen a recipe.
	Detects that Frédéric is moving alternatively between the refrigerator and the recipe catalogue.
	Infers that Frédéric is distracted by the quantity of recipes and is not able to choose one. Uses the "Stimuli reduction" strategy to reduce the recipe choices.
	Draws Frédéric's attention to the screen and displays a simplified recipe catalogue which contains only four recipes with a precise and concise explanation of each recipe.
	Since Frédéric still does not select the recipe, COOK reduces the recipe choice to two according to the ingredients present in the refrigerator "Do you want to eat chicken or fish?"
	Frédéric selects the baked chicken with vegetables and rice recipe.
	Detects that no other activity is being executed simultaneously.
	Activates "Maximal level of assistance" because Frédéric is alone at home and it is the first time that he is going to prepare this recipe. Selects the strategy "Task simplification"
	Confirms that Frédéric is ready to cook the selected recipe.

TABLE 8: Excerpt of the Scenario with COOK Assistance: for the planning operation

As shown in TABLE 9, while at the Carrying out phase of the task, Frédéric experienced difficulties as he searched for utensils in the kitchen. He was frustrated. After having simplified the task by displaying the recipe step by step, COOK adopted a strategy that facilitated organisation in order to help Frédéric find the utensils.

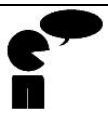
Actor	Scenario
	Frédéric searches for a wooden spoon. He nervously moves about the kitchen, opening many drawers alternately.
	Detects the opening and closing of drawers and determines that Frédéric is becoming frustrated/angry.
	Decides to help Frédéric organise his work plan. Adopts the "Organisation" strategy, where assistance is proposed in finding the utensils, which are grouped by location.
	Interacts vocally with Frédéric to remind him of the correct utensil and its location. As Frédéric has not yet opened the correct drawer, the subsystem applies the "Attention to Doing" strategy, shining a light on the appropriate drawer to attract Frédéric's attention.
	Detects that Frédéric has opened the right drawer to search for the missing utensil.
	Applies the “Self-questioning" strategy to encourage Frédéric’s self-verification and to confirm that he has everything he needs to continue the recipe.
	Suggests that Frédéric checks in a list the objects already present on the counter using a vocal message requesting that he name the objects. Plays a video that demonstrates how to place each item on the counter.
	Frédéric performs the verification and checks these objects on the list and validates.
	Congratulates Frédéric for successfully completing his work, in accordance with the “Self-coaching" strategy.

TABLE 9: Excerpt of the Scenario with COOK Assistance: for the carrying out the task operation

During the verifying goal attainment operation, COOK asked Frédéric to verify if he had completed the recipe. He verified it, and COOK congratulated Frédéric on his success (TABLE 10).

Actor	Scenario
	Applies the “Self-questioning" strategy to prompt Frédéric’s self-verification and validation for the completion of all steps contained in the recipe.

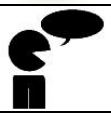
	Suggests that Frédéric systematically verify if he has completed all of the steps contained in the recipe.
	Frédéric validates the performance of each step involved in the recipe.
	Congratulates Frédéric on the completion of the recipe. Frédéric's completion of the recipe is added to the recipe execution history, in accordance with the "Self-coaching" strategy.

TABLE 10: Excerpt of the Scenario with COOK Assistance: for the verifying goal attainment operation

The scenario emphasised the role of each subsystem and the information each needed. The Supervision Subsystem determined Frédéric's location in the kitchen and characterised his emotional state, which impacted the required modes of assistance and the consequent dialogue. The Supervision Subsystem also received information from the Communication Subsystem to complete its recognition of activities. In fact, not only does the Communication Subsystem know Frédéric's location as he interacts with the touch screens, but it can also determine his progress and relay this information to other subsystems.

Within the scenarios, assistance is provided in terms of cognitive strategies [52]. COOK adapted the level of assistance according to Frédéric's behaviour and the principles of the IADL Profile to provide the most appropriate assistance. When the cooking task began, the appropriate level of assistance was determined according to Frédéric's basic profile. If the task was not performed adequately, the assistance increased until only the simplest of instructions were issued. Thus, starting with the goal planning operation, the cooking assistant limited the recipe choices when detecting Frédéric's indecision with regard to this operation. In addition, COOK increased its involvement during the performance operation to reduce Frédéric's frustration as it appeared. The Assistance Subsystem went from a "Task simplification strategy", to an "Organisation strategy", to a "Self-questioning strategy". See TABLE 11 which describes the structure of assistance as conceived within the scenarios, as well as an example.

Problem	Strategy	Means	Example
IADL structure	Task specification	Trail of breadcrumbs	Providing an action plan with a logical sequence
Planning	Self-guidance	Virtual agent Visual Vocal message	Communicating with Frédéric when choosing a recipe according to the available ingredients at home
	Attention to doing	Visual display Cue within smart environment Sound	Displaying message on TV
Execution	Task Simplification and Modality-specific strategies	Visual display Vocal message Light cue within smart environment	Splitting the complex task into a sequence of simple steps
	Stimuli reduction	Visual display Virtual agent	Limiting the number of available recipes to choose from
	Organisation and Finger Pointing	Check list	Requesting acknowledgment for each ingredient assembled using a check list
	Lists	Virtual agent Check list	Helping to verify that each ingredient has been assembled
Execution of a	Rote scripts	Video Image	Playing a video explaining the required action

specific task			Displaying an image illustrating the required steps to carry out
Attention	Pacing	Toolbox	Presenting a toolbox containing strategies to cope with fatigue (taking a break) or to relieve the person from distracting thoughts (noting in a pad), and help him manage stress
Time Management	Organisation	Agenda Touch screen display	Planning a weekly meal schedule
	Modality-specific strategies	Sound Touch screen display	Providing a reminder to alert when the cake is ready; this timer is automatically pre-set and modifiable.
	Modality-specific strategies	Sound Touch screen display	Providing pre-set reminders for activities that could be performed simultaneously, such as laundry
Safety	Task specification modification	Automatic control	Providing a reminder to switch off the stove when the cooking time has expired, or when heating elements have been left unattended
	Task specification	Toolbox	Presenting a toolbox containing allergy risks; education on allergies
	Anticipation	Oral messages Visual messages	Providing messages before using dangerous equipment; education on hygiene and risk situations
Confidence	Self-coaching	Virtual agent	Complimenting the user when the recipe is completed

TABLE 11: COOK Interactions

This scenario employed the use of multiple means of communication as can be seen in TABLE 11. The touch screen centralised information for the completion of the recipe. It provided visual and verbal information to help assemble the ingredients and utensils, and to help the persona follow the various steps involved. It provided safety instructions and displayed various ways to cope with stress. This information was presented via pictures and videos, along with a virtual agent that communicated with Frédéric. Occasionally, information was displayed within Frédéric's environment in order to draw his attention to specific elements. The smart home therefore provided environmental cues, including vocal messages, lights aimed at specific objects, and scrolling text on a TV monitor or LED panel.

4.4.3 Interdisciplinary Design Process

The various steps involved in the persona design process were created in collaboration with two working subteams involving two different approaches. The first involved a technical team that urged the researchers to focus primarily on the creation of a cognitive orthotic device, while the second involved a clinical team that focused primarily on the persona's usage in real domestic situations. Both teams worked in concert throughout the process. Key moments led to discussions rich in information and helped both subteams make decisions regarding the project. First, a persona-based methodology was put forth by the technical team and approved by the clinical team, with the former taking charge of persona design. Following the literature review, both teams decided to create five personas. IADL Profile training and video screenings offered a valuable opportunity to hold discussions on the realities faced by people with TBI. Prompted by this wealth of information, the technical team created the personas that were then validated by the clinical team internally, reducing the number of personas from five to one, resulting in a persona with severe TBI. Prior to scripting the scenario that integrates cooking assistance, a joint decision was made to describe the persona's severe behaviour in domestic IADL situations. The two teams validated the first scenario describing the human assistance required by the severe TBI to perform IADL. However, the second scenario, that staged the persona interacting with COOK and the three subsystems, was focusing on technical issues. The 9-page document detailing the cooking assistant's interventions discouraged the clinical team, and no discussions were held during this phase. Only members of the

technical team validated the resulting scenarios. The clinical team's scenarios failed to recognise the necessity of including a fictitious character, as they could not understand how such a persona could serve the design objectives. Members of the clinical team chose to redirect their design efforts towards a participatory approach involving users in the context of real activities.

5 DISCUSSION

This research demonstrated some advantages of using personas to represent a clinical population with specific characteristics that the computer science team was able to integrate in the design process in a most efficient manner through productive interactions with the clinical team.

The results indicate the following accomplishments:

- A persona describing Frédéric. From the five personas created during the conception and gestation phase, we kept specifically the persona with severe TBI, including in the scenario a secondary persona, his mother;
- A scenario without COOK assistance, which staged the dynamic interactions between Frédéric and his surrounding environments, especially how he established relationships with his mother and the Occupational Therapist;
- A scenario with a cooking assistant, which transferred the assistance developed in occupational therapy to automatic assistance provided by COOK;
- Interactions inside the COOK infrastructure, which highlighted the role of each subsystem and the information they must share to elaborate an effective assistance;
- Categories of interactions offered by COOK based on cognitive strategies.

This discussion will examine the two following issues in a separate fashion although they are interrelated:

1- Challenges associated with the TBI population and solutions offered by the persona design method;
2- Challenges associated with the interdisciplinary design.

5.1 Using deep clinical knowledge in persona

The challenges associated with the inherent characteristics of the population are described according to two issues: the indispensable necessity of involving clinical knowledge and the medical theories we included into the persona approach. We also highlight how the persona becomes a design tool according to the activity theory.

So far, personas have been mostly used in the development of mass-market products, such as mobile communication or Internet design [43]. Persona features are selected on the basis of his future desire to use the designed product. Therefore, personal features describe more social status and customs than abilities and behaviours. In our case, a TBI so radically changes the physical and cognitive abilities of a person that behaviours, habits and environments must be described in relation to these changes. Furthermore, people with TBI have a variety and range of difficulties that make them unique and different from other individuals with TBI. In rehabilitation, one considers not only the nature of the different impairments an individual presents but also his/her premorbid life habits and a variety of environmental factors in designing therapy. Research reports that the principal characteristic of an individual with TBI is his uniqueness leading to a difficulty in expressing the common needs of the clientele [10]. Conceptualizing a persona of a population as complex as TBI therefore requires a profound involvement from both medical and technical researchers.

Other studies have been creating persona affected by diseases. Nunes et al. (2010) [53] have generated older adult personas with chronic diseases. The information gathered on the aging process and chronic

disease was confirmed through informal interviews with medical partners of the project. Diabetic conditions lead to elders' life arrangements, requiring health and medication management and diet measures. Still the overturning of the abilities and habits caused by a severe TBI must be so thoroughly understood that persona must be designed in co conception between medical and technical teams. The main contribution of this paper is then to propose a persona with severe TBI that necessitates an integrated interdisciplinary approach.

The persona Frédéric possesses characteristics specific to TBI but also shares common needs highlighted by Kerr et al. (2014) who designed personas aimed to cook [54]. Regarding Kerr et al. (2014) work, Frédéric may benefit from technological support described for the beginner persona. With regard to cooking, the authors argued in favour of a technology that focuses on encouraging the user, selecting appropriate recipes and proposing new ones based on health-related criteria and the assessment of success. The authors also showed that cooking has several pre-requisites that include writing a grocery list and managing a budget. Our results are congruent with these findings, lending significance to the view that cooking belongs to the larger context of planning a recipe. In both scenarios presented in this article, however, the activity is constrained to cooking in the kitchen. The particularities of a TBI clientele require that specific modifications be made to the environment to promote concentration in order to successfully complete a complex recipe. We then minimise information and remove interference from other tasks as soon as the persona presents disorganisation to help him focus on his or her primary task. During the execution, the emphasis is placed on understanding the task, concentrating on the task, and performing the task safely. As a result, Activity Decomposition, Stimuli Reduction and Demonstration are intended to simplify the information required to achieving this task when the information is too abundant, too complex and too abstract. Time and stress management strategies are intended to help the persona avoid too much fatigue, along with his or her tendency to focus on other activities. When the task has been completed, our study converges with that of Kerr et al. (2014) regarding the importance of assessing the result and congratulating the persona on the achievement.

Due to the users inherent complexity, we added clinical medical foundations to the persona's theoretical framework, the DCP model and the use of the IADL Profile evaluation tool. During the design phase, and given the fundamental importance of creating a precise characterisation of cognitive problems, the standard persona description, which involves the identity, attitude and usage context [55], was enhanced by DCP model categories [14]. This linking of the model provided the added benefit of identifying cognitive, language, motor and behavioural capabilities and helped expand the clinical concepts required when designing a cooking assistant. The DCP therefore serves as a guide when characterising each category inherent to a TBI persona, including capacities, physical and social environments, and social participation. In addition, the DCP that defines handicap situations as the result of a mismatch between capacity and environment becomes particularly well suited to this project. In fact, the cooking assistant's objective is to reduce situations of TBI-related handicap situations by providing environmental cues that compensate for perceptual and cognitive limitations. In addition, the IADL Profile evaluation tool provided guidelines when trying to understand how cognitive impairments impact daily life. These impacts were classified chronologically according to the four IADL Profile operations and the scenarios informed the cooking assistant on how to calibrate its assistance during each IADL Profile operation.

In this study, persona has been playing its instrumentalisation role where designers extended the persona functionality by first using it to describe the clientele and then staging the persona in interaction with its environment. It has also been playing a role of mediation between the two teams, raising ambiguities in order to clarify common vocabulary and objectives of the cooking assistant. Only one persona was chosen from the five that were created during the Conception and Gestation phase. By building five personas, we were able to better gauge the severity of the trauma and establish situations in which the cooking assistant became relevant. Here, as stated by Brangier [55], the negative persona helped identify the specific target population. Thus, when the interdisciplinary team meetings revealed that a cooking assistant would be

most appropriate in cases of severe TBI, it may, however, interfere with user autonomy in cases of mild or moderate TBI. Scenarios were added to complete the instrumentalisation process. Thanks to the dynamicity they introduce, scenarios helped establish communication between the three subsystems while defining the interaction conditions between assistant and user.

5.2 Interdisciplinary challenges

Literature on interprofessional work sheds light on our interdisciplinary research. The cooking assistant project was consistent with the nature of interprofessional work, which requires the identification of a common target, the construction of information sharing mechanisms, and the performance of collaborative tasks [56]. In that way, the persona provides the means and the results to facilitate collaborative work. Moreover to be considered a valid interdisciplinary collaborative effort, a project must also comply with various conditions of success. Petri (2010) provides the four following essential components that our project has more or less respected:

1) Access to interprofessional work training: No explicit training on interdisciplinary work involving rehabilitation and computer science was provided to the researchers. Experiences were developed in the field;

2) Awareness of the roles of each stakeholder involved: The roles were clarified during the Family Planning Phase and re-examined during the persona design;

3) Aptitudes in interprofessional relationships: Most researchers were engaged together in previous research projects. The clinical team had experience with interdisciplinary work, for some of them only in rehabilitation fields. All these experiences made them aware of the interdisciplinary issues but some were unaware of the underlying issues related specifically to computer design. A more thorough training in computer science for the rehabilitation researchers would likely have been required to facilitate more optimal exchanges of expertise.

4) A shared desire for action and joint support: This desire was initiated by a preliminary research aimed at determining the needs and desires of TBI residents, a little less than half of all the clinical and technological researchers were involved. The cooking assistant project reinforced the common project.

Falzon (2008) added that a technical object's design process must be controlled, known and shared by every stakeholder involved. This condition was verified at the beginning but also throughout our process, however, it became clear that the creation and usage objectives regarding the persona differed from one team to the other (technical and clinical). We then proposed to present first the convergence regarding common languages, UCD objectives and clinical objectives, then identified the challenges encountered by both team regarding the research process while collaborating in an interdisciplinary project and finally highlight misunderstandings that appeared during the persona process.

For this project, a persona was created with the intention of developing a common work tool that would promote the exchange of information between various stakeholders (Computer Scientists, Neuropsychologists, Occupational Therapists, Physiotherapists, Speech and Language Pathologists) who were tasked in designing a cognitive orthotic that would lead to the design of a cooking assistant. Beyond a concrete result, the work helped identify, among other things, the motor, cognitive and behavioural difficulties that arise when determining the assistance required by people with severe TBI in our effort to promote independence in the performance of IADLs, to further develop the logical actions associated with their performance, and to establish a common language between those involved in the various work teams (technical and clinical). Integrating the DCP medical model, and formalizing the interdisciplinary process, especially during the persona conception and gestation phase, achieved this objective.

This interdisciplinary process also helped us reach the UCD objectives: describe the future users, their way of accomplishing task, their attitudes toward new technology and the context of usage. These

objectives were attained in a novel and interesting fashion, particularly with the extended workshop and video analysis that was offered to the computer science team by the clinical team. This was a rather unique interdisciplinary experience, which resulted in a more shared understanding of the real needs of the population for whom this technology was being developed. However, as said previously, a greater exchange of computer science knowledge with rehabilitation researchers would have been beneficial to the project as a whole and should be retained as a strategy for future studies in this area. Few studies presented in the computer science literature are based on such a solid understanding of the real needs of the individuals, for whom they are developing technology, potentially leading to millions of technology development dollars being wasted. Moreover, technology development that fails to be based on an in-depth understanding of consumer needs is at high risk of not achieving market distribution and not corresponding to the needs of the persons for whom it is being developed.

A rigorous validation led to a sharing of common ideas inherent to TBI and ensured a properly defined cooking assistant, objectives and target population. Validation with clinical researchers within the team, along with an external clinical team, helped refine the persona's profile. During this validation process, it became clear that the persona's story could not limit itself to cooking activities. By watching the persona in its day-to-day life, we were able to anticipate its relationship with the environment, particularly with regard to its overprotective mother, as well as its degree of independence in various daily activities. This helped us gauge the level of independence possible with a cooking assistant and how it should react to the persona's behaviour.

Beyond describing how a severe TBI impacts life, personas offered a dynamic method to understand the interactions between the persona and assistance, either caregivers or via cognitive assistance. We highlighted the dynamic power of the persona method that triggered creativity and empathy engaging the team in a process of storytelling. The technical team realized the difficulties in interacting with people with severe TBI but this process has also engaged the clinical team to determine and specify the therapeutic objectives to pursue with the persona. Moreover, the scenarios allowed us to stage various interactions over time between the persona and COOK, and the interactions between the three subsystems. The design process was facilitated in that it was possible to specify which information should be shared between the three subsystems, and which information belonged to a specific subsystem and which decision it was responsible for.

By creating a scenario without assistance, technical researchers as well as clinical ones were able to determine which interventions were appropriate to a given situation, which moments were critical, which methods should be used, and how the intervention should progress. On a technical level, the two resulting scenarios helped identify the cooking assistant's global functionalities and define the role of each subsystem, along with the barriers that separate them. However, in this study, the computer science team was provided with the challenge of developing smart home technology for cognitive deficits, that is executive function deficits, that are both difficult to clearly identify in clinical test situations and difficult to treat. Clinical research is still on going about the optimal treatment interventions of the executive function deficits experienced by this clientele. The clinical team was then challenged during the persona design process to explain complex issues to the technical team that they themselves are still seeking to better understand. Hence, this study is a cutting edge research combining top-level expertise in the understanding of the repercussions of executive function deficits on everyday activities, evidence-based interventions for the treatment of executive function deficits, and the means to translate this knowledge into the development of smart home technology.

However throughout our design process, it became clear that the creation and usage objectives regarding the persona differed from one team to the other (technical and clinical). For both teams, creating a persona required an understanding of the target clientele and was a means to acquire a deep understanding of the conditions that limit the social participation. In addition, the technical team sought to develop ideas on the assistant's functionalities and the communication roles of each subsystem. While creating this

persona, various behavioural traits were included in an effort to anticipate as many cases as possible. These changes provided the cooking assistant with a wider spectrum of functionalities. For the clinical team, however, these behavioural traits could not co-exist in a single persona. The persona had to resemble a singular case of severe TBI to the utmost. Some members of the clinical team believed that each case must be unique and specific, making it difficult to design a typical case for the target clientele. The changes that were proposed by members of the technical team were therefore rejected, as these did not represent the reality of a person with severe TBI. This disparity between genericity and unique cases became difficult to reconcile during the persona's Adulthood phase. As a result, the clinical team was unable to identify with the persona, while the technical team was forced to delay its development work. The creation and validation of both persona and scenario was hindered by two varying perspectives, one seeking a standard character, the other a real person. In addition, the scenario involving COOK assistance provided the technical team with a specific work tool to help determine the technical infrastructure of COOK. This lengthy scenario became too complex for the clinical team.

All of these choices hindered the interdisciplinary collaboration. For Britt Holbrook (2013), efficient interdisciplinary communication requires consensus and focus on a single objective. In addition to hindering the process, interdisciplinary collaborations require constant communication and explanations regarding the choices made by the various stakeholders [57]. The technical team failed to convey the design benefits offered by its persona methodology. It saw the potential for a prospective design that could be generalised for a variety of users, while the clinical team saw the risk of creating a design that failed to resemble a particular individual with TBI.

6 CONCLUSION

According to the prospective design [58], a new technology is designed specifically for a population that does not yet exist other than by its potential use of this technology. For this reason, the persona-based method was used to (1) identify the specific population, (2) create a common language within the interdisciplinary team, and (3) generate innovative ideas. We have applied the persona-based method to design a cooking assistant intended for TBI users by using four first phases of the persona's lifecycle. The initial Family Planning phase helped us distribute roles among the interdisciplinary team. The computer team established the data collection method and scripted the skeletons and personas. The clinical team provided the computer team with the required information and validated the personas.

Designing a cognitive orthotic requires a variety of knowledge and covers many fields of expertise. The persona-based method offers a comprehensive approach towards the target clientele, whose specificities require Computer Scientists to tackle problems they could not have foreseen. The persona's lifecycle offers design benchmarks that demand a rigorous methodology. Thanks to the persona, the behaviour and dysfunctions experienced by the TBI population is embodied by a character that, although fictitious, gives meaning to behavioural traits that are extremely difficult to understand. In this sense, the resulting personas and scenarios fully played their role in refocusing the design team towards the needs of the persona and eliciting its empathy. The persona-based methodology also allowed both the clinical and technical teams to share knowledge and a common language.

Conciliating human (user), technological (designers), and contextual (physical, social and organisational environment) elements represents a significant research challenge when the function, usage forms and regulatory modes must be taken into account. The result must consider all of these interdependent and interconnected components due to the volume of complex and diversified variables [55]. Working under such a perspective can be difficult and not without risk. The cognitive orthotic development project described in this article is a fine example.

Throughout the cognitive orthotic development process, it became clear that the characteristics of a TBI population rendered representation of their problems, along with their strengths and weaknesses, very difficult. During this process, a decision was made to represent this population with a single persona that grouped its significant characteristics, an approach that ran the risk of misrepresenting the uniqueness of individuals with TBI. For the clinical team, the main objective was to know and understand the obstacles that prevent participation in significant activities; for the technical team, the main objective was to equip the persona with a cooking assistant in order to determine its functionalities. For the clinical team, a successful design required the involvement of real people; for the technical team, the assistant's generalisability demanded a generalized representation of the population.

Despite the divergence occurring during the adulthood phase, the persona has played a significant role in providing consistency to the cooking assistant team thanks to a common objective. It helped in the development of a common language based on explicit medical knowledge and a clear understanding of the handicap situations following a severe TBI, though possibly not sufficiently on common computer science knowledge. Thanks to the scenarios, the persona forced the researchers to imagine various means, both clinical and technical, to facilitate his or her independence while cooking. The persona revealed all of its potential and all of its adaptability to help in the design of cognitive orthotics for complex populations.

ACKNOWLEDGMENT

This research was funded by the Canadian Collaborative Health Research Projects (CHRP), the French *Télécom & Société numérique Carnot Institute* and the Research Center of Aging affiliated to the *Université de Sherbrooke*.

APPENDIX A. Persona and scenario evaluation grids

Supplementary data associated with this article can be found in the online version at https://www.dropbox.com/s/yiyc099hua4isno/Appendix%20A.docx?dl=0

REFERENCES

[1] I. Baguley, M. Nott, A. Howle, G. Simpson, S. Browne, A. King, R. Cotter, and A. Hodgkinson, "Late mortality after severe traumatic brain injury in New South Wales: a multicentre study," *Med. J. Aust.*, vol. 196, no. 1, pp. 40–45, 2011.

[2] S. Fleminger and J. Ponsford, "Long term outcome after traumatic brain injury," *Br. Med. J.*, vol. 331, pp. 1419–1420, 2005.

[3] C. Bottari, C. Dassa, C. Rainville, and E. Dutil, "A Generalizability Study of the Instrumental Activities of Daily Living Profile," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 91, no. 5, pp. 734–742, 2010.

[4] E. Lopresti, A. Mihailidis, and N. Kirsch, "Assistive technology for cognitive rehabilitation: State of the art," *Neuropsychol. Rehabil.*, vol. 14, no. 1–2, pp. 5–39, 2004.

[5] J. Boger, J. Hoey, P. Poupart, C. Boutilier, G. Fernie, and A. Mihailidis, "A planning system based on Markov decision processes to guide people with dementia through activities of daily living.," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 10, no. 2, pp. 323–333, 2006.

[6] A. Mihailidis, J. N. Boger, T. Craig, and J. Hoey, "The COACH prompting system to assist older adults with dementia through handwashing: an efficacy study.," *BMC Geriatr.*, vol. 8, no. 1, p. 28, 2008.

[7] F. J. M. Meiland, A. I. E. Bouman, S. Sävenstedt, S. Bentvelzen, R. J. Davies, M. D. Mulvenna, C. D. Nugent, F. Moelaert, M. E. Hettinga, J. E. Bengtsson, and R.-M. Dröes, "Usability of a new electronic assistive device for community-dwelling persons with mild dementia," *Aging Ment. Health*, vol. 16, no. 5, pp. 584–91, 2012.

[8] N. Bier, J. Macoir, S. Joubert, C. Bottari, C. Chayer, H. Pigot, S. Giroux, and T. Giroux,

"Cooking 'Shrimp à la Créole': a pilot study of an ecological rehabilitation in semantic dementia," *Neuropsychol Rehabil*, vol. 21, no. 4, pp. 455–483, 2011.

[9] P. Groussard, N. Bier, S. Giroux, H. Pigot, J. Macoir, M. J., C. Descheneaux, P. Roy, F. Arab, B. Chikhaoui, S. Medini, M. Kammoun, and Y. Parakh, "Domotics and robotics for supporting seniors," *Gerontechnology*, vol. 9, no. 2, pp. 105–110, 2010.

[10] J. Bauchet, S. Giroux, H. Pigot, D. Lussier-Desrochers, and Y. Lachapelle, "Pervasive assistance in smart homesfor people with intellectual disabilities : a case study on meal preparation," *Int. J. Assist. Robot. Mechatronics*, vol. 9, pp. 53–65, 2008.

[11] H. Pigot, D. Lussier-Desrochers, J. Bauchet, Y. Lachapelle, and S. Giroux, "A smart home to assist recipes' completion (extended version)," *IOPress*, pp. 35–42, 2008.

[12] S. Giroux, N. Bier, H. Pigot, B. Bouchard, A. Bouzouane, M. Levasseur, M. Couture, C. Bottari, B. Swaine, P.-Y. Therriault, K. Bouchard, F. Le Morellec, S. Pinard, S. Azzi, M. Olivares, T. Zayani, G. Le Dorze, P. De Loor, A. Thépaut, and B. Le Pévédic, "Cognitive Assistance to Meal Preparation: Design, Implementation, and Assessment in a Living Lab," *2015 AAAI Spring ...*, pp. 01–25, 2015.

[13] A. Cooper, *The Inmates Are Running the Asylum*. Sams Publishing, 1999.

[14] Réseau international sur le processus de production du handicap, "Modèle de développement humain - Processus de Processus de production du handicap (MDH-PPH)," 2010. [Online]. Available: http://www.ripph.qc.ca/mdh-pph/mdh-pph.

[15] Who, "Neurological disorders: a public health approach," *Neurol. Disord. public Heal. challenges.*, pp. 41–176, 2006.

[16] C. Dumont, "L'identification des facteurs qui vont favoriser la participation sociale des adultes présentant des séquelles de Traumatisme cranio-cérébral," 2003.

[17] T. a. Novack, B. a. Bush, J. M. Meythaler, and K. Canupp, "Outcome after traumatic brain injury: Pathway analysis of contributions from premorbid, injury severity, and recovery variables," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 82, no. 3, pp. 300–305, 2001.

[18] F. K. Pearl Chung, "Traumatic Brain Injury (TBI): Overview of Diagnosis and Treatment," *J. Neurol. Neurophysiol.*, vol. 05, no. 01, pp. 1–10, 2013.

[19] C. Beni, "Troubles du comportement socio-émotionnel et impulsivité suite à un traumatisme crânio-cérébral," Université de Genève, 2011.

[20] H. S. Levin, V. M. O'Donnell, and R. G. Grossman, "The Galveston Orientation and Amnesia Test. A practical scale to assess cognition after head injury," *J Nerv Ment Dis*, vol. 167, no. 11. pp. 675–684, 1979.

[21] B. a. Bush, T. a. Novack, J. F. Malec, A. Y. Stringer, S. R. Millis, and A. Madan, "Validation of a Model for Evaluating Outcome after Traumatic Brain Injury," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 84, no. December, pp. 1803–1807, 2003.

[22] J. Labelle, B. R. Swaine, and R. W. Dykes, "Validation par les dossiers médicaux d ' un système d ' information dédié à la clientèle victime d ' un traumatisme crânien," pp. 243–256, 2002.

[23] P. Azouvi, "Les troubles cognitifs des traumatismes crâniens sévères," *Lett. Med. Phys. Readapt.*, vol. 25, no. 2, pp. 66–68, 2009.

[24] N. Baguena, C. Thomas-Antérion, K. Sciessere, a. Truche, C. Extier, E. Guyot, and N. Paris, "Apport de l'évaluation de la cognition dans une tâche de vie quotidienne chez des patients cérébrolésés : génération et exécution d'un script de cuisine," *Ann. Readapt. Med. Phys.*, vol. 49, no. 5, pp. 234–241, 2006.

[25] M. Vallee, "Prise en charge comportementale de deux patients traumatises craniens atteints d'un syndrome dysexecutif – etude de cas," 2011.

[26] Desrochers and V., "Évaluation neuropsychologique et comportement ale des plans d'actions chez des individus ayant subi un traumatisme craniocérébral sévère," 2002.

[27] G. Rode, C. Thomas-Antérion, J. Luauté, S. Jacquin-Courtois, S. Ciancia, Y. Rossetti, and D. Boisson, "Évaluation des incapacités et de la qualité de vie des patients présentant des troubles cognitifs," *Ann. Réadaptation Médecine Phys.*, vol. 48, no. 6, pp. 376–391, 2005.

[28] J. Griffen and R. Hanks, "Cognitive and Behavioral Outcomes from Traumatic Brain Injury," *Handb. Neuropsychol. Trauma. Brain Inj.*, pp. 271–282, 2014.
[29] C. Bottari, N. Gosselin, J.-K. Chen, and A. Ptito, "The impact of symptomatic mild traumatic brain injury on complex everyday activities and the link with alterations in cerebral functioning: Exploratory case studies," *Neuropsychol. Rehabil.*, vol. 2011, no. December, pp. 1–20, 2015.
[30] Massachusetts Institute of Technology., "The Family Caregiver Handbook," 2007. [Online]. Available: http://web.mit.edu/workplacecenter/hndbk/sec7.html#instrumental.
[31] R. Elliot, "Executive functions and their disorders," *Stat. Process Model. Cogn. Neurosci. Aging*, pp. 15–58, 2003.
[32] M. D. Lezak, "Assesing Executive Functions," *Int. J. Psychol.*, vol. 17, pp. 281–297, 1982.
[33] T. Shallice and P. Burgess, "Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man," *Brain a J. Neurol.*, 1991.
[34] P. Poncet, F., Taillerfer, C., Chevignard, M., Picq, C, Pradat-Diehl, "Évaluations Écologiques Du Syndrome Dysexécutif : Un Défi De Taille Pour L ' Ergothérapie," *Lett. Méd. Phys. Réadapt*, vol. 25, pp. 88–98, 2009.
[35] C. Bottari, C. Dassa, C. Rainville, and E. Dutil, "The IADL profile: development, content validity, intra- and interrater agreement.," *Can. J. Occup. Ther.*, vol. 77, no. 2, pp. 90–100, 2010.
[36] C. Bottari, N. Gosselin, J.-K. Chen, and A. Ptito, "The impact of symptomatic mild traumatic brain injury on complex everyday activities and the link with alterations in cerebral functioning: Exploratory case studies," *Neuropsychol. Rehabil.*, vol. 2011, no. December, pp. 1–20, 2015.
[37] C. Bottari, N. Gosselin, M. Guillemette, J. Lamoureux, and A. Ptito, "Independence in managing one's finances after traumatic brain injury," *Brain Inj.*, vol. 25, no. 13–14, pp. 1306–1317, 2011.
[38] C. Bottari, C. Dassa, C. Rainville, and E. Dutil, "The criterion-related validity of the IADL Profile with measures of executive functions, indices of trauma severity and sociodemographic characteristics.," *Brain Inj.*, vol. 23, no. 4, pp. 322–335, 2009.
[39] C. Bottari, C. Dassa, C. Rainville, and E. Dutil, "The factorial validity and internal consistency of the Instrumental Activities of Daily Living Profile in individuals with a traumatic brain injury.," *Neuropsychol. Rehabil.*, vol. 19, no. 2, pp. 177–207, 2009.
[40] G. Le Dorze, J. Villeneuve, A. Zumbansen, M. Masson-Trottier, and C. Bottari, "Verbal Assistance within the Context of an IADL Evaluation," *Open J. Ther. Rehabil.*, vol. 2, no. 04, p. 182, 2014.
[41] P. Fougeyrollas, L. Noreau, H. Bergeron, R. Cloutier, S. a Dion, and G. St-Michel, "Social consequences of long term impairments and disabilities: conceptual approach and assessment of handicap.," *International journal of rehabilitation research. Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung. Revue internationale de recherches de readaptation*, vol. 21, no. 2. pp. 127–141, 1998.
[42] P. Fougeyrollas, *La funambule, le fil et la toile : Transformations réciproques du sens du handicap*. Québec - Canada: Presses De L'universite Laval, 2010.
[43] S. Heim, *The Resonant Interface: HCI Foundations for Interaction Design*. 2008.
[44] C. Bornet and É. Brangier, "La méthode des personas : principes, intérêts et limites," *Bull. Psychol.*, vol. Numéro 524, no. 2, p. 115, 2013.
[45] A. Seffah, C. Kolski, and D. Idoughi, "Persona comme outil de design de services interactifs : principes et exemple en e-maintenance," *Interface Homme Mach.*, no. January, pp. 13–16, 2009.
[46] J. Pruit and J. Grudin, "Personas : Practice and Theory," pp. 313–334, 1999.
[47] V. Kantola, S. Tiitta, K. Mehto, and T. Kankainen, "Using dramaturgical methods to gain more dynamic user understanding in user-centered design," *Creat. Cogn. '07 Proc. 6th ACM SIGCHI Conf. Creat. & Cogn.*, pp. 173–182, 2007.
[48] P. Béguin and P. Rabardel, "Designing for instrument mediated activity," *Inf. Technol. Hum. Act. Des. Instrum. Mediat. Act. Scand. J. Inf. Syst.*, vol. 12, pp. 173–190, 2000.
[49] J. Adlin, T. Pruitt, "Putting Personas to Work: Using Data-Driven Personas To Focus Product Planning, Design and Developpment," in *Human Computer Interaction Handbook:*

Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications, CRC Press, 2008, pp. 991–1016.

[50] M. Levasseur, H. Pigot, M. Couture, N. Bier, B. Swaine, P.-Y. Therriault, and S. Giroux, "Identifying participation needs of people with acquired brain injury in the development of a collective community smart home.," *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.*, vol. 3107, no. February 2016, pp. 1–9, 2015.

[51] A. Sears and J. Jacko, *The Human-Computer Interaction Handbook*, Second edi. CTC press, 208AD.

[52] J. Toglia, S. Rodger, and H. Polatajko, "Anatomy of cognitive strategies: a therapist's primer for enabling occupational performance," *Can. J. Occup. Ther.*, vol. 79, no. 4, pp. 225–236, 2012.

[53] F. Nunes, P. A. Silva, and F. Abrantes, "Human-computer interaction and the older adult: an example using user research and personas," *Proc. 3rd Int. Conf. Pervasive Technol. Relat. to Assist. Environ. - PETRA '10*, pp. 1–8, 2010.

[54] S. J. Kerr, O. Tan, and J. C. Chua, "Cooking personas: Goal-directed design requirements in the kitchen," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 72, no. 2, pp. 255–274, 2014.

[55] É. Brangier, S. Hammes-Adelé, and J. M. C. Bastien, "Analyse critique des approches de l'acceptation des technologies : de l'utilisabilité à la symbiose humain-technologie-organisation," *Rev. Eur. Psychol. Appl.*, vol. 60, no. 2, pp. 129–146, 2010.

[56] F. Chiocchio, P. Lebel, P. Therriault, A. Boucher, C. Hass, F. Rabbat, J. Bouchard, and K. E. Y. Words, "Stress and Performance in Health Care Project Teams," *Newt. Sq. Proj. Manag. Inst.*, pp. 1–3, 2012.

[57] M. Nielsen-pincus, W. C. Morse, and J. E. Force, "Bridges and Barriers to Developing and Conducting Interdisciplinary Graduate-Student Team Research," *Ecol. Soc.*, vol. 12, pp. 2–8, 2007.

[58] J. M. Robert and E. Brangier, "What is prospective ergonomics? A reflection and a position on the future of ergonomics," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2009, vol. 5624 LNCS, pp. 162–169.

Chapitre 4

Représentation des connaissances : modèle d'assistance cognitive

4.1 Introduction

La phase de représentation des connaissances est la deuxième phase de la méthodologie que nous avons suivie. Dans cette phase, on cherche à représenter formellement des modèles informatiques d'assistance cognitive. Deux modèles d'assistance sont proposés (Figure 4.1). Ils proposent des vues détaillées de deux composants, « *Plan d'Intervention* » et « *Assistance Préventive* ».

Le premier modèle d'assistance cognitive formalise l'assistance cognitive requise pour soutenir l'indépendance des résidents dans la réalisation des Activités Instrumentales de la Vie Quotidienne (AIVQ) sous la forme de plan d'intervention. Il fait l'objet de ce chapitre. Un ***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive*** y est également présenté. Ce modèle inclut, entre autres, l'articulation entre les composants requis pour la gestion et l'administration du processus d'adaptation cognitive. Ensemble, ces modèles permettront le développement de technologies d'assistance cognitive sensibles au contexte et personnalisables. De telles technologies d'assistance permettront d'intégrer le processus de réadaptation cognitive en continu aux AIVQ au sein du domicile, ce qui n'est pas le cas actuellement, la réadaptation cognitive reposant principalement sur des séances ponctuelles avec un ergothérapeute.

Le processus de construction du modèle d'assistance cognitive pour soutenir la réalisation d'AIVQ est présenté dans l'article *"A context-aware generic model for cognitive rehabilitation of individuals with cognitive impairment during Instrumental Activities of Daily Living"* [98]. En date du 14 février 2017, cet article est en révision interne pour soumission au journal *Expert Systems with Applications*. La contribution de l'auteure (Marisnel Olivares) à cet article représente 90 % de la charge liée à la formalisation de deux modèles et à la rédaction de l'article.

Le deuxième modèle d'assistance préventive formalise l'assistance préventive, requise

par un résident. L'assistance préventive permettra au résident d'entreprendre des actions correctives lors de l'apparition de dangers potentiels pendant la réalisation d'une AIVQ. Son rôle principal est d'assurer la sécurité du résident. Ce modèle sera présenté au Chapitre 5.

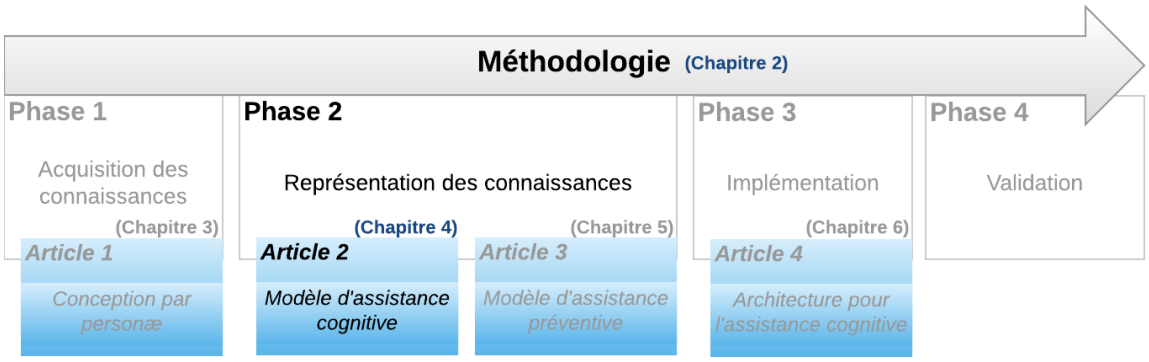


FIGURE 4.1 – Méthodologie suivie dans la réalisation de cette thèse (Chapitre 4).

4.2 Présentation générale de l'article

4.2.1 Objectif

L'objectif de cet article consiste à concevoir un modèle informatique générique et personnalisable, dédié au soutien des fonctions cognitives des personnes atteintes d'un TCC sévère pendant la réalisation des AIVQ.

Pour ce faire, le fonctionnement global de la prise en charge d'une *personæ* par un service d'ergothérapie a été formalisé. L'accent a été mis sur la modélisation d'un processus de réadaptation cognitive, qui s'appuie sur l'utilisation des interventions cognitives fondées sur des données probantes, i.e. validées par des pratiques cliniques [27].

4.2.2 Méthodologie

Un processus d'ingénierie des connaissances [91] a guidé l'acquisition des connaissances et leur formalisation dans des modèles. Ce processus comporte six phases :

1. La *phase d'identification de la tâche* définit et délimite les connaissances qui seront représentées formellement dans le modèle.
2. La *phase de collecte de données* extrait les connaissances du domaine réel pour comprendre leur usage, pour les analyser et pour identifier les mécanismes liés à la réadaptation cognitive.

3. La *phase de définition du vocabulaire* consiste à choisir le formalisme de représentation des connaissances et à définir les éléments du domaine qui seront représentés.
4. La *phase d'encodage de connaissances générales du domaine* consiste à définir les axiomes des termes définis dans le vocabulaire, en expliquant de manière explicite la signification de chaque terme.
5. La *phase d'encodage d'une instance* consiste à créer un cas particulier en utilisant le modèle.
6. La *phase de requêtes* définit les procédures d'inférence qui opèreront sur les axiomes.

4.2.3 Résultats

Les résultats issus de cette recherche sont les suivants :

— Un premier modèle informatique générique et personnalisable nommé ***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive*** a été créé. Ce modèle articule les différents composants requis pour la gestion du processus de réadaptation cognitive. Il formalise les étapes de la prise en charge d'une *personæ* par un service d'ergothérapie, ainsi que l'articulation entre les composants requis pour la gestion et l'administration du processus d'adaptation cognitive au sein du domicile. La taxonomie de ce modèle inclut huit entités principales : acteurs (e.g. résident, ergothérapeute, orthèse cognitive), AIVQ (e.g. préparation de repas, gestion de ses finances, magasinage), évaluation (e.g. outil, résultats), plan d'intervention (e.g. intervention cognitive), communication (e.g. médium et contenu des messages), environnement (e.g. pièce de la maison, capteur, effecteur), situation d'AIVQ (e.g. erreurs, sécurité). Enfin, les connaissances cliniques décrites dans cette taxonomie ont été validées par trois ergothérapeutes et une orthophoniste, membres de l'équipe clinique de notre projet. Cette taxonomie a été implémentée en *Web Ontology Language (OWL) 2*.

— Un second modèle informatique générique et personnalisable nommé ***modèle d'assistance cognitive*** pour la réalisation des AIVQ a été créé. Ce modèle est une vue détaillée du composant « *Plan d'Intervention* » du ***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive***. Le modèle d'assistance cognitive formalise le processus de réadaptation cognitive d'une personne lors de la réalisation d'une AIVQ. Ce processus de réadaptation cognitive repose sur l'utilisation d'interventions cognitives fondées sur des données probantes. Ainsi, une orthèse cognitive a été créée à partir de ce modèle. Elle permettra d'assurer la continuité du processus de réadaptation cognitive de la personne au sein de son domicile. La taxonomie de ce modèle inclut huit entités principales : objectifs thérapeutiques (e.g. préparer une sauce à spaghetti seul), intervention complexe (suite d'interventions), intervention globale (intervention qui guide la réalisation du plan d'in-

tervention), intervention atomique (e.g. gestion du temps, fatigue), approche (e.g. métacognition, compensation), indiçage (communication à l'utilisateur d'une ou plusieurs actions attendues de sa part par l'orthèse), message (médium et contenu des messages), acte de langage (e.g. intention dans la formulation du message, par exemple une directive).

— Le ***modèle d'assistance cognitive*** sert à guider la configuration d'une orthèse cognitive, à fournir l'assistance cognitive à un utilisateur lors de la réalisation d'une AIVQ, à effectuer le suivi de la réalisation d'une AIVQ et à analyser la performance d'un utilisateur pendant la réalisation d'une AIVQ.

— L'une des originalités du ***modèle d'assistance cognitive*** est qu'il a été conçu pour soutenir les fonctions cognitives des personnes pendant la réalisation des AIVQ. Ce soutien cognitif est matérialisé par un plan d'intervention. Le plan d'intervention décrit les stratégies cognitives requises par une personne pour accomplir une AIVQ. Il est matérialisé par des messages qui sont transmis à l'utilisateur par des interfaces humain-machine.

— Les deux modèles (***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive et modèle d'assistance cognitive***) sont le résultat d'un travail interdisciplinaire étroit entre des ergothérapeutes et des informaticiens.

— Une instance des modèles proposés dans ce chapitre a été implémentée en OWL 2. Elle représente une orthèse cognitive, nommée *Cognitive Orthosis for coOKing* (COOK). COOK a été conçu pour améliorer l'indépendance des utilisateurs pendant la préparation des repas. Un premier prototype du ***sous-système d'assistance*** présenté dans le Chapitre 6 a été partiellement implémenté en Java. En raison de contraintes de temps, la gestion du modèle pour la configuration, le suivi et l'analyse de la réalisation de l'AIVQ en temps réel n'ont pas encore été implémentés.

— COOK a été déployé et expérimenté au sein d'une résidence alternative pour TCC à Sherbrooke (Canada) afin d'offrir de l'assistance cognitive à trois de ses occupants. En raison de contraintes de temps, l'implémentation de COOK a été réalisée de manière semi-automatique et partielle. Le terme semi-automatique indique que les modèles ont été codés « en dur » en respectant leurs principes, puis instanciés pour chaque résident. Le terme partiel indique que seuls les deux composants « *Plan d'Intervention* » et « *Assistance Préventive* » du ***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive*** ont été implémentés. Les aspects dynamiques de ce modèle n'ont pas par contre été implémentés. Cette implémentation et le déploiement de COOK ont permis de réaliser des preuves de concept sur l'assistance cognitive avec des utilisateurs réels dans leur milieu de vie.

4.2.4 Article 2 : A context-aware generic model for cognitive rehabilitation of individuals with cognitive impairment during Instrumental Activities of Daily Living

A context-aware generic model to manage the cognitive rehabilitation of individuals with cognitive impairments at home

Marisnel Olivares [a, b], Sylvain Giroux [a, c], Carolina Bottari [d, e], Pierre De Loor [f], André Thépaut [b], Brigitte Le Pevedic [g], Hélène Pigot [a, c, e], Stéphanie Pinard [a, c], Guylaine Le Dorze [e, h], Nathalie Bier [d]

[a] *DOMUS, Département d'informatique, Université de Sherbrooke, 2500, boul. de l'Université, Sherbrooke, J1K 2R1, Canada*
[b] *Lab-STICC / IT – Télécom Bretagne, 655 Avenue du Technopole, Brest 29200, France*
[c] Centre de recherche sur le vieillissement, CSSS-IUGS, 036, Canada
[d] École de Réadaptation, Université de Montréal, Canada
[e] Centre de recherche Interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain (CRIR), Canada
[f] Lab-STICC / ENIB, France
[g] Lab-STICC / IUT de Vannes, Université de Bretagne-Sud, 8 Rue Michel de Montaigne 56000, France
[h] École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montreal, Canada

Abstract

The wide diversity of cognitive difficulties that occur secondary to a severe Traumatic Brain Injury (TBI) makes the design and development of Assistive Technologies (ATs) challenging. Though two individuals can have the same diagnosis of severe TBI, their cognitive difficulties can be vastly different. Most ATs developed to date provide a standard type of assistance for all users to perform Instrumental Activities of Daily Living (IADL). This standard assistance does not correspond to the assistance needs of this population as a whole. Therefore, designers of ATs for a severe TBI population should consider adapting the assistance to the cognitive difficulties of each individual to perform an IADL. This study addresses the adaptability of ATs, which we suggest is part of the solution to fulfill the assistance needs of this population. In this paper, a knowledge engineering process allowed the representation of two generic formal models. The first one, a ***DYnamic COgnitive REhabilitation Model (DYCOREM)***, is a model for the management of the cognitive rehabilitation process. DYCOREM represents the articulation between the entities/components required to extend the cognitive rehabilitation process of an individual at home through the use of a Cognitive Orthotic. The second one, a ***Cognitive Assistance Model for IADL Performance (CAM-IADL)***, focuses on one of the DYCOREM components, the "Intervention Plan". CAM-IADL represents the entities required to provide cognitive assistance to an individual with severe TBI during an IADL. This assistance is founded on evidence-based interventions, which are chosen to support the cognitive difficulties of an individual. From these generic model representations, it is possible to instantiate an assistance that is tailored to the individual cognitive difficulties to perform an IADL. CAM-IADL was designed to support four functionalities of a Cognitive Orthotic: Cognitive Orthotic configuration, IADL prompting, IADL monitoring and IADL analysis. Moreover, the organization of this model is inspired from Hierarchical Task Network (HTN) to deal with the causal and temporal aspects of the assistance, and the communication of the assistance is inspired from the speech act theory. These two models were implemented in Web Ontology Language (OWL 2). This study concludes with the creation of a partial instance of the DYCOREM, named ***Cognitive Orthosis for coOKing (COOK)***. COOK is a Cognitive Orthotic which provides cognitive support to an individual for meal preparation. To this end, an instance of CAM-IADL was as well created. A concept proof prototype of COOK is currently semi-automatically implemented for three Residents of a smart alternative-housing unit located in Sherbrooke in the province of Quebec-Canada.

Keywords: assistive technology, knowledge representation, ontology, hierarchical plan, Traumatic Brain Injury (TBI), Instrumental Activities of Daily Living (IADL)

1 Introduction

Severe Traumatic Brain Injury (TBI) is considered to be one of the main causes of death and disability worldwide [1]–[4]. A severe TBI can impact people's ability to perform Instrumental Activities of Daily

Living (IADLs) [5], such as preparing meals, shopping for groceries, paying bills, etc. This lack of independence is produced by cognitive impairments resulting from the trauma; one of the main cognitive domains that can be impaired secondary to a severe TBI are the executive functions [6], which affect people's capacity to identify problems and formulate objectives (goal formulation), to make sure that elements needed to accomplish the stated objective are available (planning), to start performing the different stages of the task to reach the objective (execution) and verification of the obtained results according to the stated goal (goal attainment) [7].

Assistive Technologies (AT) seek to improve the functioning in everyday activities of people with cognitive deficits [8]. LoPresti et al. (2004) claim that any assistive technology for people with cognitive disabilities must accommodate the individual user's skills and deficits [9]. However, the diversity of cognitive difficulties found in the severe TBI population makes the design and development of ATs to support their IADL performance challenging [10]. In fact, any two people diagnosed with a severe TBI, are likely to have cognitive impairments that do not manifest in the same manner. For instance, one might have planning problems related to managing environmental distractors, such as constantly consulting social networks while performing an IADL. In contrast, the other one might have execution problems, such as mixing or forgetting the sequence of the required steps to perform an action. For instance, a person could introduce a dish to cook in the oven, and then forget to turn on the oven, go away and wait the required time for the dish to cook.

Nowadays, most of the ATs propose a standard assistance to all their users. So, users must adapt to the proposed assistance, instead of the reverse. Consequently, the assistance can be effective for some of them but not for others. Thus, the ATs design for people with severe TBI must consider the inclusion of the adaptability of the assistance. This can be done by tailoring the assistance according to the user's cognitive difficulties to perform an IADL. Hence, this study addresses assistance adaptability that seems to be part of the solution to fulfil the assistance needs of this population. To this end, an in-depth understanding of the therapeutic process used in Occupational Therapy, a profession in the health care system whose role is to optimize individual's independence in everyday activities, to address the cognitive needs of individuals was required. We hypothesized that this would provide us with a basic understanding of the variable assistance needs of this population so that we could then develop an adaptable way of offering this assistance to various user profiles.

Thus, in order to conceptualize the idea of an adaptive assistance, it was necessary to build a generic representation of the assistance process. Then, from this generic representation, any specific assistance instance could be tailored to the individual's assistance needs. The challenge in this study was the wide range of knowledge covered by this generic representation, which relied on different domains of expertise. For example, Occupational Therapists evaluate an individual's capacity for IADL independence and describe the assistance required by an individual to perform an IADL. Computer Scientists implement software able to trigger specific events according to specific inputs. All these aspects must be modelled. Moreover, one of the purposes of this study was to provide a tool to support Occupational Therapists during the configuration of the specific assistance needs of a user within a Cognitive Orthotic. It was also necessary to express the links between each of the entities involved before, during and after the assistance. The functional and temporal aspects of the assistance will be modelled. To this end, a knowledge engineering process [11] guided the design and formalization of the assistance process.

The objectives of this paper were to create:

- a generic model for the dynamic management of cognitive rehabilitation at home through a Cognitive Orthotic;
- a generic and personalized model for the cognitive assistance required by a user to perform an IADL;
- an instance of the model to illustrate the model's functionalities.

This study addresses the IADL of meal preparation. Our decision to work on meal preparation stems from previous research examining the needs and desires of seven individuals with severe TBI living in an alternative-housing unit in Sherbrooke (Canada) [12]. These Residents are going to be assisted by a Cognitive Orthotic to improve their IADL independence. Therefore, the models designed in this study can be adapted to provide cognitive support to guide the performance of any IADL.

This paper is organized as follows: section 2 concerns a literature review, which is dedicated to use of cognitive rehabilitation within Occupational Therapy practice, assistive technologies, and knowledge representation. Section 3 describes the six phases of the knowledge engineering process used to formalize the application domain. Two models stem from this, the first one, a ***Dynamic Cognitive Rehabilitation Model (DYCOREM)***, is a model for the management of the cognitive rehabilitation process. DYCOREM represents the articulation between the entities/components required to extend the cognitive rehabilitation process of an individual living at home through a Cognitive Orthotic. The second one, a ***Cognitive Assistance Model for IADL Performance (CAM-IADL)***, is focused on one of the DYCOREM components, the "Intervention Plan". CAM-IADL represents the entities required to provide cognitive assistance to an individual with severe TBI during an IADL. This assistance is founded on evidence-based interventions, which are chosen to support the cognitive difficulties of an individual. Section 4 presents the outcomes acquired from the methodology phases. This includes the two respective models. Section 5 shows an instance excerpt of the models DYCOREM and CAM-IADL. Section 6 concludes and gives some perspectives for future work.

2 Literature review

The literature review of this study covers three main topics: 1) A general overview of the area of Occupational Therapy practice, with a particular emphasis on cognitive rehabilitation, since we are interested in supporting the independence of individuals with TBI during the performance of IADL; this topic provided the main structure of the models presented in this study. 2) An outline of the related works on Assistive Technology (AT) created to support the performance of a task of individuals with cognitive impairments. This topic allowed the identification of the main types of assistance provided by these ATs and how cognitive problems are assisted, the technologies used for the implementation, as well as the limitations found within these ATs. 3) An overview of Knowledge Representation (KR) formalism, which supported the translation into computer science formal models of the therapeutic process practiced in Occupational Therapy. This topic allowed the selection of the KR formalism and the language used for the design and implementation of our models.

2.1 Occupational Therapy practice

This study seeks to translate into computer science formal models of the therapeutic process practiced in Occupational Therapy. In this study, we are interested in the therapeutic process used to support the independence of individuals within the context of the performance of IADLs at home. The models proposed in this study seek to extend the cognitive rehabilitation process of an individual at home. This support was designed to be provided to individuals through a context-aware AT. To this end, we relied on the theoretical basis of clinical gold standards and practice recommendations generally followed by Occupational Therapist to guide the therapeutic process involved in providing care to their clients.

Thus, we started this research by first describing a general therapeutic process, second, refining this process to the specific needs of people with cognitive impairments, and finally, presenting the evidence-based recommendations for cognitive rehabilitation.

2.1.1 A general approach to the therapeutic process

This section describes the overall approach followed in a therapeutic process practiced in Occupational Therapy during a collaboration established with a client. Among the various existing

frameworks of therapeutic processes (Canadian [13], American [14], etc.), the Canadian Practice Process Framework [13] was chosen to provide the guidelines to this study. This choice was made due to the fact that a Canadian clinical team is conducting this study and that the Canadian Practice Process Framework has international recognition in the field of Occupational Therapy.

The Canadian Practice Process Framework describes a sequence of eight *action points* (a.p) guiding the therapeutic process in relation to a person: (a.p-1) *"Enter and initiate"* characterizes the first contact between a client and an Occupational Therapist. From this point, a broad collaboration is established between these two persons. (a.p-2) *"Set the stage"* allows for the definition of the expected issues and goals in relation to the therapeutic process. (a.p-3) *"Assess / evaluate"* implicates the identification of personal, occupational and environmental factors that may contribute to reaching the stated goals of a client. (a.p-4) *"Agree on objectives / plan"* involves the elaboration of an intervention plan [14] to reach the client's objective. This intervention plan is created by the Occupational Therapist in collaboration with the client. It is based on the evaluation results of the client. (a.p-5) *"Implement plan"* represents the execution of the intervention plan by the therapist with the client. (a.p-6) *"Monitor/Modify"* designates the follow-up of the plan; the Occupational Therapist observes the client's execution of the plan. If the client's execution of the plan is not providing the expected results, then the plan can be modified or adjusted in order to reach the objectives (a.p-7) *"Evaluate outcome"* determines the client's goal achievement. The Occupational Therapist evaluates the progress of the client in the execution of his/her plan. (a.p-8) *"Conclude/Exit"* indicates the decision from either the client or the Occupational Therapist to conclude the process, or to pursue work towards another goal. Hence, these eight-action points delimited the knowledge representation of the therapeutic process presented in this study.

2.1.2 Cognition

This study is focused on the therapeutic process involved in offering services to individuals with cognitive impairments. Therefore, the emphasis is placed on a cognitive rehabilitation process. Some aspects were considered as essential to reach the objectives of a therapeutic process:

- The comprehension of prompts by the individual affected by cognitive impairments; this aspect represents one of the main challenges found in this study. The individual's comprehension of prompts can be related to the significance of the prompt to the person (e.g., employed language, simple instruction, etc.). Meanwhile, prompts should be selected according to the individual's cognitive abilities [15]. Therefore, the significance of a prompt can also be associated with the use of the adequate prompt communication device (e.g., speaker, screen, light, etc.);
- Feedback to validate the actions performed by an individual in response to a prompt. Thus, the association of a prompt to specific feedback can lead clinicians to perform an accurate analysis of the actions performed by an individual. The use of feedback can be used to progressively refine prompts. This refinement can be performed through prompt gradation. The gradation of prompts is used in cases where an individual's actions secondary to obtaining a particular prompt are not the expected actions (studies in progress under the supervision of C. Bottari). Moreover, smart environments themselves can provide valuable feedback as they probe the validity of the performed actions of an individual according to the actions recommended through the prompt (e.g., Preheat oven to 350 degrees) [16];
- The identification of common errors committed by an individual during the performance of an IADL can lead clinicians to a better understanding of the cause(s) of the error(s), and by consequence, this identification can facilitate the selection of appropriate cognitive supports needed by a particular person to solve an error situation [17]–[21].

2.1.3 Evidence-based recommendations for cognitive rehabilitation

Numerous evidence-based clinical recommendations for the cognitive rehabilitation of people with TBI were studied [22]–[25]. In this study, we decided to mainly adopt the use of evidence-based recommendations from Haskins et al. (2012) [22] in order to provide cognitive support to individuals with TBI during IADL performance. This choice was based on:

- The practical guidelines provided for the implementation of cognitive rehabilitation interventions based on the compilation of evidence-based studies and the clinical expertise of the authors.
- The support offered to clinicians by these guidelines for the development of effective and evidence-based treatment plans.
- The inclusion of evidence-based interventions for executive functions within these guidelines.
- The use of a metacognitive approach as a means of addressing executive function deficits.
- The possibility of implementation of proposed clinical interventions presented in this manual by different types of rehabilitation professionals such as occupational therapists, speech and language therapists, psychologists, etc.

2.2 Related works on AT

Three mains topics addressing the related work of this study will be presented: the theoretical principles and frameworks used for the design of ATs, the ATs used to support cognitive functions, and the ATs used to facilitate independence in cooking in smart environments.

Related to the *theoretical principles and frameworks used for the design of ATs*, Cook and Hussey (2002) developed the Human Activity Assistive Technology (HAAT) model, which proposed some principles for the design of assistive technology. HAAT consists of four components: 1) the human, 2) the activity, 3) assistive technologies, and 4) the context. In similar fashion, Hersh and Johnson (2008) developed the Comprehensive Assistive Technology (CAT) framework [26], which describes a common terminology embedded within a single unified modelling framework for the design, description, specification, development, and assessment of assistive technology solutions. The hierarchical structure of CAT is based on the description of the person, the context in which the person carries out activities using assistive technology, the activities, and the assistive technology. This modeling framework was validated using four case studies of different applications of the model: 1) identification of accessibility barriers, 2) the analysis and synthesis of assistive technology systems and the provision of a framework for identifying end-user requirements, 3) providing assistive technology, and 4) assessing the associated outcomes. In effect, HAAT and CAT propose valuable guidelines for the design of assistive technologies, which are centered on user's needs in order to provide adequate services, though these principles have not yet been largely operationalized in practice.

Relative to the *ATs used to support cognitive functions*, Gillespie et al. (2011) examined the relationship between Assistive Technology for Cognition (ATC) and cognitive functions [24]. This systematic review identified a total of 91 studies reported in 89 publications. Reported studies examined the use of ATC intervention in a mixed clinical population —TBI, acquired brain injury (cerebral infectious diseases, space occupying lesions and hemorrhagic stroke), dementia and older people, intellectual disability, psychiatric, stroke, neurodevelopmental and mixed/other. In this systematic review, the cognitive domains being assisted and the tasks being performed were classified according to the WHO International Classification of Functioning (ICF) [27]. This study proposed five categories to classify the ATCs based on the cognitive function being assisted: 1) alerting, 2) reminding, 3) micro-prompting, 4) storing and displaying, and 5) distracting (devices which distract users from anxiety). From the 91 studies reported, 58 studies were designed to provide support to higher-level cognitive functions such as abstraction, organization, and planning (including carrying out plans), time management, cognitive flexibility, insight, judgment, and problem-solving. From these 58 studies, 33 studies supported time management and 25 studies supported organization and planning.

Alternately, Seelye et al. (2012) proposed the use of Cognitive Rehabilitation Theory (CRT) for the design of assistive technologies for IADL in a smart environment [28]. The CRT proposes the use of instructional techniques (e.g., graded prompt hierarchy), the format of instruction and control and the role of cognitive effort (e.g., trial and error approach), external memory aids, such as no technology (e.g., planners, memory notebooks, cue cards, and white boards) and low technology aids (e.g., time-based

alarms, pagers, voice recorders, and computers). This paper addresses the management, timing and methods of prompt delivery. The paper also proposes some methods for prompt delivery, such as prompting based on time, location, context, artificial intelligence planning, and machine learning assessment of user needs. Moreover, CRT was used to perform a critical review of existing prompting technologies in order to identify areas of improvement for the designs of future assistive technology. Moreover, Milborne and Campbell (2004) addressed the use of evidence-based interventions to teach children aged 0-5 in the use of an assistive technology. However, the authors used evidence-based interventions to teach children how to use the AT, instead of using the interventions to personalize the assistive device to the specific needs of each child.

In fact, these studies recommend a personalized design of assistive technologies based on the person's specific cognitive deficits. The theories and classification systems recommended by these authors can contribute valuable information for the design of assistive technologies. However, the performance of an IADL is not limited to the support of a single cognitive function, such as memory, attention, etc. Instead, high-level cognitive functions such as executive functions can also be supported using a top-down approach of cognitive rehabilitation.

Regarding the *ATs used for cooking in smart environments*. Beetz et al. (2008) presented the Assistive Kitchen which support people in their household chores [29]. A robot, through physical actions, provides support that enhances the person's cognitive abilities and monitors the user's health and safety. This study used an autonomous mobile robot with two arms with grippers, a room infrastructure (sensor-equipped kitchen environment), an open-source Player/Stage/Gazebo (P/S/G) software library, and the robotic agent, client/server model featuring auto-discovery mechanisms. The functionalities of the Assistive Kitchen were demonstrated using three scenarios involving individuals with mobility limitations: table setting, cooking, and housekeeping. Thus, the use of robots can be useful for individuals with mobility limitations. However, physical support is not recommended in most cases of persons without mobility limitations. In this sense, ATs seek to develop people's independence to perform tasks through cognitive support.

Nakauchi et al. (2009) developed and implemented a cooking support system [30]. This system uses ubiquitous sensors —drawer sensors, active and passive RFID, CCD « Charge Coupled Device » and infrared cameras, and laser range finders—, and machine learning to recognize cooking procedures —cut, dress and mix, drain, put on a pot, add to a pot, boil, sauté, deep-fry, steam, wash and serve— in order to provide appropriate instructions for cooking to a user through speakers and touch displays. Markov-model algorithms based on human behavior were also developed. This, the recognition of cooking procedures performed by a user, is essential to provide valuable promptings for cooking support. The cooking support provided by this system could be improved upon by including cognitive theories to provide useful specific prompts to the user.

Mahajan (2013) developed and evaluated a Smart Cueing Kitchen (SCK) [31]. SCK is context-aware prompter software, which provides context-aware guidance to individuals with cognitive impairment in everyday kitchen tasks. The design of SCK was centered on user needs, such as difficulty remembering the location of ingredients, difficulty keeping track of the progress of their recipes, etc. SCK was tested with five individuals with TBI and two with Alzheimer's disease. Hence, SCK uses prompting strategies such as computer generated verbal instructions, light cues highlighting kitchen cabinets, projected cues showing enlarged pictures of recipe ingredients, and smart glass cues. However, the information used to design user preferences and needs were extracted from an interview of five individuals with TBI. Hence, this small sample size limits the extent to which its results can be generalized to the assistance needs of the TBI population. Moreover, few details related to the process used to identify the users' specific needs according to their cognitive deficits were provided.

Blasco et al. (2014) designed, implemented, and evaluated a Smart Kitchen's ability to provide Ambient Assisted Living services for elderly and disabled people [32]. Context-awareness, appropriate user interactions, and artificial intelligence technologies were used. The architecture of the system is based on the Open Services Gateway initiative (OSGi). The system proposes four main functionalities within the kitchen scenario: (i) use of household appliances; (ii) the detection of useful information and warnings about the use of household appliances; (iii) detection of emergency situations and proposal of corrective actions when needed; and (iv) analysis of all the data gathered to extract relevant information that could be useful for the user's carers and/or relatives in order to evaluate the person's quality of life. 63 users and 31 caregivers tested the Smart Kitchen in two living labs (Spain and UK). The use of OSGi as the backbone of the system represents an advantage for modularity of the Smart Kitchen. However, the inclusion of personalized assistance would likely improve the interactions between the users and the Smart Kitchen.

Similarly, Amato et al. (2016) proposed the use of a cognitive model to design and develop a coaching system for daily activities [33]. The coaching system was designed to handle a variety of dangerous situations and abnormal behaviors of individuals with Alzheimer's disease during a cooking activity. A cognitive architecture modeled ACT-R was defined and layered from bottom to top: sensors (ambient sensors), activity recognition (neural network), context-aware (context identification), and tutor (alert and directions). So, by defining a goal and setting a challenge to reach this goal, the architecture is able to support the user during the task by preventing the performance of incorrect actions or by detecting a gap in a sequence of actions leading to a stated goal. However, the description and organization of the knowledge in terms of entities, properties, and relations are not detailed.

Indeed, these studies present a wide diversity of ATs addressing cooking, as well as a wide diversity of technologies used for their implementation. However, an important component of ATs that remains to be addressed is the ATs ability to adapt the assistance provided to the specific assistance needs of an individual to perform the task.

Despite the progress made in the design and development of ATs, and after the literature review performed in sections 2.1 and 2.2, we identified some research issues that need to be addressed in order that ATs align with the specific needs of individuals with cognitive impairments. These open research issues, enumerated as follows, were mainly identified through an interdisciplinary collaboration, arising from long-term research conducted by the different members of this study:

1. How to transfer the knowledge from real-world cognitive rehabilitation clinical practice to a computer science formal model?
2. How to provide effective personalized cognitive rehabilitation using ATs in an individual's home?
3. How to support individual specific cognitive deficits through the performance of an IADL?
4. How to adequately communicate with the individual through prompts?
5. What is the expected intervention feedback?
6. How to adjust the AT prompts according to the user's IADL performance fluctuation or progression?
7. How to deal with errors detected during the performance of IADL?

This paper will mainly address the issues detailed in 1, 2 and 6.

2.3 Knowledge representation

Knowledge representation (KR) is a field of study concerned with using formal symbols to represent a collection of propositions believed by some putative agent [34]. KR allows representing real world phenomena with a formal syntax and semantics that can be interpreted by software. There exist different KR formalisms such as logic (first order logic), production systems (rules), object-oriented (frames, conceptual graph) and Description Logic (DL) [35]. KR formalisms are generally selected according to

the nature of the knowledge to be represented: classification, causality, temporality, beliefs, and so on. DL unifies and gives a logical basis to the well-known traditions of Frame-based systems, Semantic Networks and KL-ONE-like languages [34], Object-Oriented representations, Semantic data models, and Type systems [36]. Also, KR formalisms can be implemented in different formal languages. For instance, DL can be implemented in Web Ontology Language (OWL 2) [37]. This language allows the description of ontologies. Gruber (1993) defines an ontology as an explicit specification of a conceptualization [38].

Moreover, ontologies are commonly used in the domain of medicine to represent and (re-)organize medical terminologies : CO-ODE, LinkBase, GALEN, ONIONS, MedO, etc. [39]. Some methods have been created to build medical ontologies from text [40]. Additionally, foundational or upper/top-level ontologies are generic ontologies which can be applicable to various application domains [41]. Among these ontologies are Basic Formal Ontology (BFO) [42], Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering (DOLCE) [43], and Information Artifact Ontology (IAO) [44]. These upper/top-level ontologies can be used as an underpinning to build new ontologies.

Ontologies are widely used in the medical informatics design of home care models in smart environments. Some common features in the design of these ontologies are: a tool management for the clinical treatment of a patient shared by various health-care professionals, the use of knowledge engineering methodology, and the implementation on OWL. For instance, Riñao et al. (2008) developed an ontology for the care of chronically ill patients [45]. Two personalization processes and a decision support were implemented. The first process adapts the contents of the ontology to the health-care record of a specific patient; the clinical information contained in the ontology is relevant for health-care professionals to manage that patient. The second one uses the personalized ontology of a patient to automatically transform intervention plans describing health-care general treatments. The ontology was created as a tool to support health-care professionals detect anomalous circumstances such as wrong diagnoses, unobserved comorbidities, missing information, unobserved related diseases, or preventive actions. This ontology was validated and then tested in a real health-care setting in the K4CARE project. Similarly, Valls et al. (2010) developed and evaluated an organizational structure to provide a Home Care (HC) assistance model to support HC management [46]. The ontological paradigm was used to describe the organizational knowledge complex of healthcare institutions.

Hence, in the present study we decided to use DL and production system formalism due to the characteristics of our application domain. The formal language selected to implement the models is OWL 2. This language was chosen as it is one of the gold standard languages used for building Ontologies. It was also selected because its capability of providing knowledge interoperability and sharing is well documented [47]. We will consider the use of the upper level ontology (IAO) for a next version of the implementation of the models.

Moreover, on the one hand, DL is adequate to represent the entities involved in Occupational Therapy practice and cognitive rehabilitation, as well as to represent the inter-relations between entities in a natural and coherent manner. What is crucial for our study is the classification capacity of the DL formalism to define a formal structure of the management of the therapeutic process practiced by Occupational Therapists in relation to their clients, along with the type of assistance to provide.

On the other hand, production systems are needed in this study in order to:

1. determine that an Intervention Plan is well formed. In particular, when an Intervention Plan for a person is created, the cognitive rehabilitation approach must be chosen according to the cognitive strengths of the person requiring assistance. Thus, there exists some cognitive interventions that are aligned with the selected therapeutic approach (e.g. metacognition, compensation, etc.). The link between the individual's strengths and the proposed approach must be clearly identified to provide adequate assistance to the individual.

2. monitor the user's IADL performance (HCI or environmental actions detected by sensors)
3. analyze the user's performance during the IADL.

Thus, production systems support the reasoning about the knowledge represented in DL through the use of complex logic, assert new knowledge, etc.

3 Knowledge Engineering methodology

A knowledge engineering methodology [11] was used to build the ontology. This methodology consists of 6 phases: (1) Identifying the task, (2) Assembling the relevant knowledge, (3) Deciding on a vocabulary, (4) Encoding general knowledge about the domain, (5) Encoding a description of the specific problem instance, and (6) Posing queries to the inference procedure.

This study is the result of an interdisciplinary collaboration among experts of various disciplines, researchers in health and clinical sciences (occupational therapy, speech and language pathology, and physiotherapy), computer science and ergonomics. The interdisciplinary team met once a week during a one and a half year time period until the objectives of the study (section 1) were reached.

In fact, phase 6 is addressed by showing that our models can be used as a verification tool. This tool allows the confirmation that an instance of the assistance created by the Occupational Therapist through CAM-IADL is well formed.

The outcomes of this study are presented according to the six phases of the knowledge engineering methodology:

3.1 Phase 1: Identifying the task

The task consists in describing the elements and processes needed to provide cognitive assistance during IADL performance to individuals with severe TBI. To this end, we determined:

- Who are the actors interacting in the assistance process?
- What is the task to perform?
- What information is required to provide personalized assistance to an individual?
- What will guide the assistance?
- How is the assistance provided to the individual?
- Where will the assistance take place?
- What are the situations that could interrupt the execution of the IADL?
- How can the Cognitive Orthotic deal with situations that could interrupt the execution of the IADL?

As a result of our knowledge acquisition process, we decided to describe a general approach to a therapeutic process used in the clinical practice of Occupational Therapy. This approach is inspired from the Canadian Practice Process Framework. Therefore, the eight action points described in the Canadian Practice Process Framework (section 2.1.1) are illustrated through the cognitive rehabilitation process of **Frédéric Chauvin**, who is a persona, a fictitious character that represents some of the possible cognitive impairments of the severe TBI population [48].

Frédéric suffered a severe TBI three years prior to starting this cognitive rehabilitation process. Since his accident, he is unable to live independently and requires external supervision to perform his IADLs. (a.p-1) Frédéric requested rehabilitation. After that, an Occupational Therapist established a first contact with him and both agreed to start a cognitive rehabilitation process. (a.p-2) The Occupational Therapist and Frédéric established goals and issues related to his cognitive rehabilitation process. (a.p-3) The Occupational Therapist selected the IADL Profile [5] to carry out the evaluation of Frédéric's IADL independence. As we are interested in the cognitive rehabilitation performed in real-world environments, an Occupational Therapist went to Frédéric's home, to start the evaluation of his independence in performing IADLs. It is important to point out that the Occupational Therapist performed an evaluation at

two different times. The first one represents an initial evaluation of Frédéric's IADL independence (a.p-3), and the second one represents a follow-up of the performance of the IADL using the cognitive interventions included in his intervention plan (a.p-7).

Figure 1 shows the three actions involved in Frédéric's evaluation: 1) The Occupational Therapist explains to Frédéric the objective and stages of the evaluation, as well as particular instructions about its execution. 2) Frédéric *performs* the IADLs as he used to do before his accident. 3) the Occupational Therapist assesses Frédéric's IADL performance. The Occupational Therapist measures Frédéric's independence in IADL with the intent of isolating areas of task breakdown that can be explained by cognitive deficits while simultaneously exploring the types of cognitive assistance that can facilitate goal attainment during the IADL. At the end of the evaluation process, the Occupational Therapist schedules another cognitive rehabilitation session. 4) During the next session, the Occupational Therapist creates, in collaboration with Frédéric, his occupational profile [14] and his customized intervention plan:

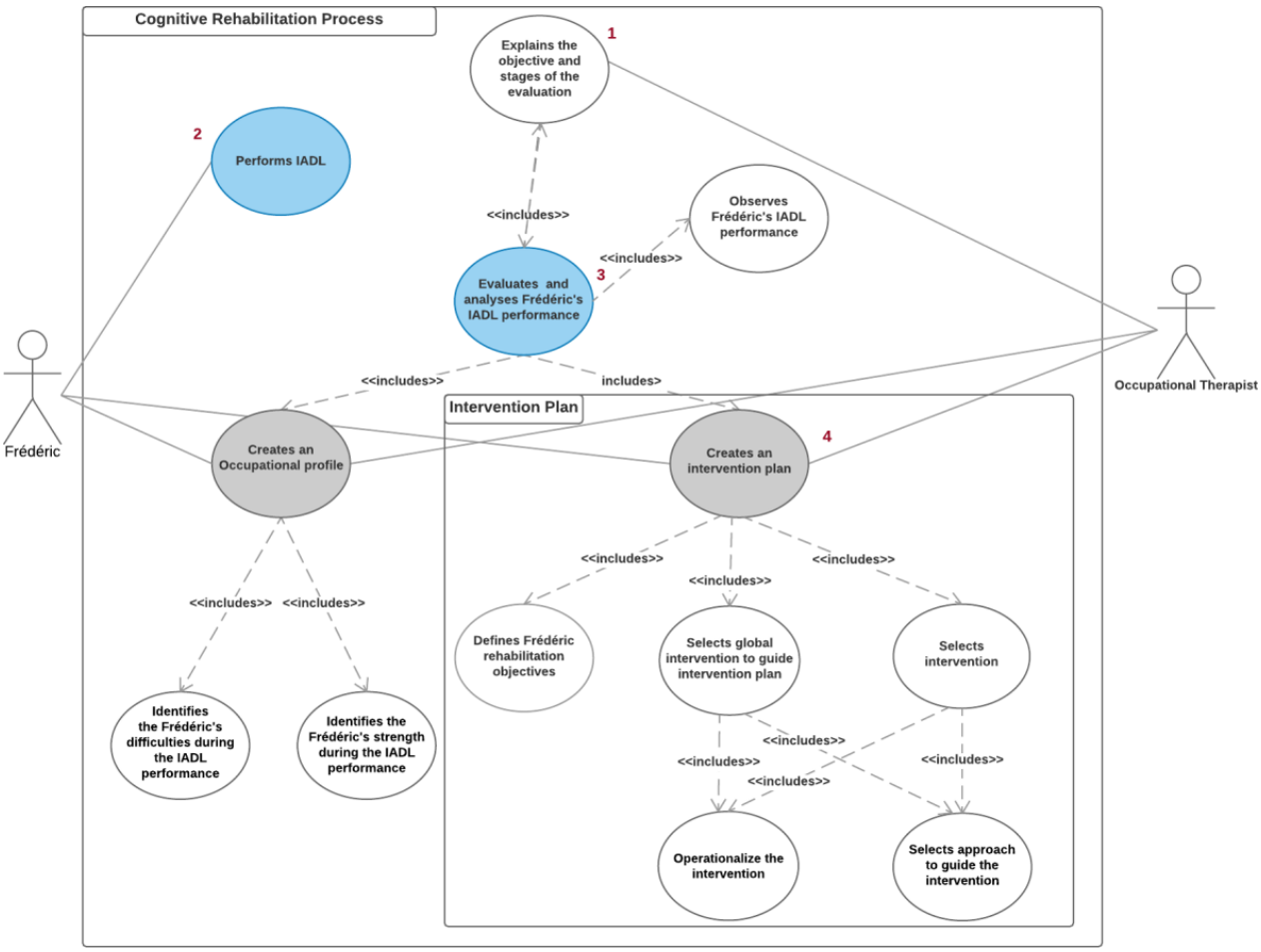


Figure 1. Evaluation of Frédéric abilities during the performance of an IADL.

- The occupational profile is a clinical tool that contains Frédéric's main difficulties (e.g. difficulties in elaborating goals, identifying alternatives or selecting the most appropriate alternative, etc.), strengths (e.g. strengths in following simple prompts, ability to detect and correct errors, etc.) and performance observed by the Occupational Therapist during his IADL execution. It also contains some aspects of Frédéric's clinical history.
- The intervention plan is a clinical tool that contains a sequence of interventions intended to support Frédéric's IADL independence. These interventions are selected by the Occupational

Therapist in collaboration with Frédéric. This is done in order to promote Frédéric's ability to find a solution to a detected need (awareness), as well as the use of resources identified by him to fulfil a need. Each intervention is operationalized according to Frédéric's interaction preferences (e.g. customized messages, songs, images, etc.) and cognitive strengths in order to support his IADL performance.

Figure 2 illustrates another session of the cognitive rehabilitation of Frédéric (a.p-5). This rehabilitation session seeks to support Frédéric's IADL performance by the use of his customized intervention plan. Frédéric's role and the Occupational Therapist's role are highlighted during a cognitive rehabilitation session. Frédéric's role consists in performing the IADL following the interventions included in his customized intervention plan. The Occupational Therapist's role consists in monitoring and analyzing Frédéric's actions as well as assisting him when necessary and thus, supporting him until he accomplishes his IADL.

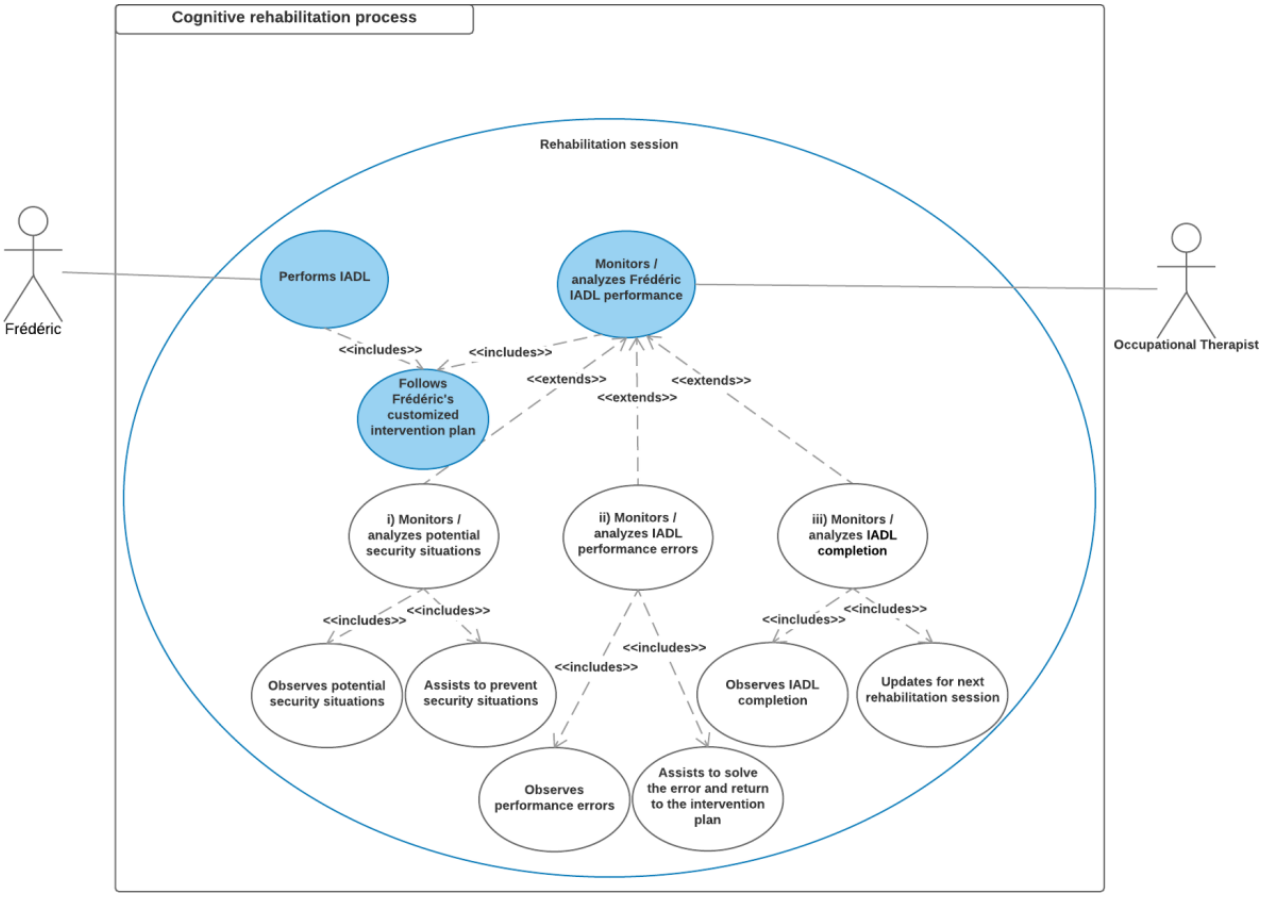


Figure 2: Utilization of an intervention plan during a rehabilitation session.

Once Frédéric starts the IADL performance, (a.p-6) the Occupational Therapist monitors and analyzes Frédéric's IADL performance. The Occupational Therapist's analysis is mainly based on Frédéric's utilization of the prompts of each intervention according to his intervention plan. During Frédéric's performance, the Occupational Therapist focuses her attention on three principal aspects: i) IADL potential at-risk situations, ii) IADL performance errors and iii) IADL completion. Thereby, we will illustrate these three aspects while Frédéric is cooking spaghetti Bolognese:

i. Frédéric is cooking a bolognese sauce on medium heat on the stove; Frédéric is distracted by something that occurs in his immediate environment. The sauce starts to stick to the bottom of

the pan and he does not notice. After some time, the Occupational Therapist suggests that he carefully check the sauce as he is cooking it. Frédéric goes to monitor it. The Occupational Therapist's reminder is intended to address a potential safety issue such as burned sauce, smoke and even fire that could be caused by Frédéric's lack of surveillance of that which is on the stove.

ii. The Occupational Therapist detects that Frédéric makes an error (s) during his IADL performance and that error (s) compromises his IADL accomplishment; for example if Frédéric forgets to cook the spaghetti, then the Occupational Therapist will propose: first, an assistance to try to capture Frédéric's attention to make him realize that an error has occurred. In case Frédéric does not react to the observed error, the Occupational Therapist provides progressive assistance to help him solve the problem situation. When the problem is solved, Frédéric will return to the point of the intervention plan he was executing when the error was detected, and thus, continue his IADL performance. Depending on the type of error that he committed, the Occupational Therapist can grade the assistance provided from implicit to explicit; if these prompts are insufficient, then the Occupational Therapist will try another type of intervention to find an alternative approach to either preventing the occurrence of errors or to solving the errors.

Finally, (a.p-7) the Occupational Therapist performs an evaluation of Frédéric's IADL performance results to verify if the intervention plan goals were achieved. Once Frédéric attains the goal of the IADL, the Occupational Therapist can introduce some updates in Frédéric's intervention plan. These updates can include modification of some intervention(s) or its (their) deletion. Hence, the assistance will be adapted in terms of Frédéric's previous performance. These updates will be available in Frédéric's next rehabilitation session. If Frédéric's goals are achieved, then the cognitive rehabilitation is concluded (a.p-8).

3.2 Phase 2: Assemble the relevant knowledge

Due to the complexity of this cognitive rehabilitation domain, our work had to be highly interconnected between Occupational Therapists (expert practitioners) and Computer Scientists (knowledge engineers) members of our interdisciplinary team. This interconnected work allowed knowledge engineers to assemble the relevant knowledge of the domain through a knowledge acquisition process, which pursued the definition of the entities and the process required to formally represent CAM-IADL. Moreover, the interconnected work also helped us clarify some situations where only clinical expertise can describe the processes involved in cognitive rehabilitation and how to deal with potential situations emerging from the process, such as peoples' behaviors, emotions, etc. Thus, the knowledge acquisition process that led this research consisted of four steps:

1. A literature review allowed us to identify and understand current evidence-based interventions used in cognitive rehabilitation adequate for the TBI population [22], [23], [25], [49]. These evidence-based interventions are used in clinical practice to treat the main cognitive impairments found in this population;

2. A training on the ADL Profile [50] offered by two Occupational Therapists, allowed us to understand how Occupational Therapists evaluate the repercussions of cognitive deficits on independence in everyday activities in a TBI population, observe the main cognitive impairments found in the severe TBI population, identify when Occupational Therapists trained on the IADL Profile provide assistance to these individuals during IADL performance, as well as explore how Occupational Therapists develop intervention plans to address observed areas of difficulty according to the individual TBI capabilities. This training allowed the design of the evaluation component included in the model DYCOREM;

3. A training session about the approach called Cognitive Orientation to daily Occupational

Performance (CO-OP) [51] was offered by one OT and one physiotherapist. It allowed us to understand CO-OP objectives (skill acquisition, strategy use, generalization, and transfer), how the Global Strategy (Goal, Plan, Do, Check) is used, and how Occupational Therapists apply this approach to train skill acquisition based on his/her capacities through the use of strategies. This training concluded with a demonstration of CO-OP implementation with children and adults. The CO-OP training allowed us to introduce the concept of global intervention in the design of the model CAM-IADL, as well as the inclusion of CO-OP as one of the intervention approaches.

4. A video analysis of IADL Profile evaluations under the guidance of an Occupational Therapist, allowed knowledge engineers to explore the diversity of profiles and impairments found in the severe TBI population. They also benefitted from the clinical reasoning used by an expert Occupational Therapist in understanding manifestations of cognitive problems in various everyday activities and how to choose the best available cognitive interventions to deal with them. For example, a person who has been living in a house for over 15 years and cannot find the location of a saucepan could either mean that the person never uses this object or rather, as is likely the case in severe TBI, that he or she has severely impaired memory.

3.3 Phase 3: Decide on a vocabulary

The objective of this phase of the study was to decide upon the logic-level names of the vocabulary needed to define the taxonomy of the DYCOREM as well as the taxonomy of the CAM-IADL. As presented in the introduction, DYCOREM is a model for the management of the cognitive rehabilitation process. It represents the articulation between the entities/components required to extend the cognitive rehabilitation process of an individual at home through a Cognitive Orthotic, and CAM-IADL focuses on one of the DYCOREM components: the "Intervention Plan". CAM-IADL represents the entities required to provide cognitive assistance to an individual with severe TBI during an IADL. This assistance is founded on evidence-based interventions, which are chosen to support the cognitive difficulties of an individual. Each intervention is operationalized by assistance promptings, which are transmitted to the user through a Human-Computer Interaction (HCI). This phase defined the existing components in our formal representation of the application domain.

The DYCOREM taxonomy has eight main entities/components and their inter-relations: *Actor, IADL, Evaluation, Intervention Plan, Communication, Environment, IADL situation*: (a) *IADL* potential risk situation, (b) *IADL performance error, and (c) Assistance.* The CAM-IADL taxonomy has eight main entities/components and their inter-relations: *Therapeutic objective, Approach, Global intervention, Complex intervention, Atomic intervention, Prompting, Message, and Speech acts.*

Two terminological dictionaries were created to define the atomic concept represented in DYCOREM (Table 1) and in CAM-IADL (Table 2). These dictionaries allowed the validation of concepts used in the models by clinical experts.

Atomic concept: DYCOREM (Figure 3-5)	
Classes	**Subclasses**
Actor: an actor represents a coherent set of roles that users of use cases play when interacting with these use cases. Actors can be human or they can be automated systems [52].	**Person:** a man, woman, or child [53]. **Resident:** a person who lives or has his home in a particular place [53] **Occupational Therapist:** a person who helps people across the lifespan participate in the things they want and need to do through the therapeutic use of everyday activities (occupations) [54]. **Caregiver:** someone who takes care of a person who is young, old, or sick [53] **Cognitive Orthotic:** an assistive device based on computer technology that is designed for a particular individual for ADL-related tasks, entertainment, or work [55].
Evaluation: the evaluation process is focused on finding out what a client wants and needs to do; determining what a client can do and has done; and identifying supports and barriers to health, well-being, and participation. Evaluation occurs during the initial and all subsequent interactions with a client. The type and focus of the evaluation differ depending on the practice setting [14].	**Evaluation Tool:** represents the tool chosen to assess the independence of a person to perform an IADL. **Evaluation Results:** represent the output of the assessment of a person performed using an Evaluation Tool.
Intervention Plan: The Intervention Plan directs the actions of the occupational therapist and occupational therapy assistant. It describes the selected occupational therapy approaches and types of interventions for reaching the client's identified outcomes [14].	-
Occupational Profile: provides an understanding of the client's occupational history and experiences, patterns of daily living, interests, values, and needs. The client's reasons for seeking services, strengths, and concerns in relation to performing occupations and daily life activities, areas of potential occupational disruption, supports and barriers, and priorities are also identified [14].	-
Executive Function Capacity: complex cognitive processing required to co-ordinate several sub-processes to achieve a particular goal [56].	**Goal Formulation:** conceptualize their needs and desires before acting upon them [7]. **Planning:** organization: Several capacities are necessary for planning sustained attention, deal objectively with himself in relation to the environment, and to view the environment objectively, the abilities to think of alternatives, to weigh and make choices, and to evolve a conceptual framework or structure which can serve to direct activity [7]. **Carrying Out Goal-Directed Plans:** translation of an intention or plan into self-serving, productive activity requires the capacities to initiate, maintain, switch, and stop sequences of complex behavior in an orderly and integrated manner [7]. **Effective Performance:** the ability to monitor, to self-correct, and to regulate the tempo, intensity, and other qualitative aspects of delivery [7].
IADL: the activities often performed by a person who is living independently in a community setting during the course of a normal day, such as managing money, shopping, telephone use, travel in community, housekeeping, preparing meals, and taking medications correctly. Increasing inability to perform IADLs may result in the need for care facility placement [57].	**Meal Preparation/Cooking:** the process of heating foods to prepare them for eating [58].
IADL Situation: represents anomalies that require particular cognitive assistance to be solved. These include IADL Risk situations and IADL performance errors.	**IADL Potential Risk Situation:** a situation that could compromise Resident' safety during the performance of an IADL [59]. **IADL Performance Error:** an error a Resident may commit during IADL performance.
IADL Compound: represents the decomposition of an IADL in a subtask that corresponds to each one of the four operations of executive functions.	**Goal Formulation:** represents the first IADL Compound of an IADL, where the Resident must choose the IADL he/her wants to perform. **Planning:** represents the second IADL Compound of an IADL, where the Resident verifies if he/she has the required to perform an IADL. **Execution:** represents the third IADL Compound of an IADL, where the Resident performs actions to accomplish the IADL. **Verification:** represents the fourth IADL Compound of an IADL, where the user verifies if the expected objective was attaint.
Assistance: represents the procedures to follow in case an IADL Situation is detected.	**Preventive Assistance:** represents an assistance that seeks to prevent that a detected situation compromises the Resident's safety during the performance of an IADL [59]. **Solving Error:** represents an assistance that seeks to support a Resident to solve an error that appears during the execution of an IADL.

Table 1. Definition of the atomic concepts represented in the vocabulary of DYCOREM.

Atomic concept: CAM-IADL (Figure 6)	
Classes	**Subclasses**
Complex Intervention: represents an ordered set of Atomic Interventions leading the Resident to accomplish one part of an IADL.	-
Therapeutic Objective: objective and measurable goals with a time- frame [14].	-
Approach: specific strategies selected to direct the process of intervention that are based on the client's desired outcome, evaluation data, and evidence [14].	**Cognitive Orientation to Occupational Performance (CO-OP):** a client-centred, performance-based, problem solving approach that enables skill acquisition through a process of strategy use and guided discovery [51]. **Metacognition:** the goal of metacognitive strategy training and internalized strategies is to develop and enhance executive control over one's cognitive functions that support or inhibit them [22]. **Task-specific:** are aimed at the functional level, strategies emphasize the utilisation of cognitive processes or systems (strategy), in the context of performing functional tasks, through which the patient can overcome the effect of a cognitive impairment… a task-specific approach may result in the acquisition of skills necessary to perform a particular task or routine [22]. **Remediation:** a newly developed therapeutic tool whose rationale is to rehabilitate disturbed cognitive processes and foster preserved processing. Cognitive remediation completes psychotherapy or medication and constitutes an important aspect of rehabilitation programs (alongside with psychoeducation and social skill training) [60]. **Compensation:** providing individuals with the necessary tools to help them function effectively despite persistent or chronic impairments is often the goal of cognitive rehabilitation [22]. **Behavioural:** is built around an understanding of antecedents to and consequences of behavior. Antecedents are those events that precede a behavior, and consequences are those events that follow a behaviour [61].
Global Intervention: represents an intervention which will guide the whole Intervention Plan.	**Goal-Plan-Do-Check:** Meichenbaum, 1970 [62] argued that people could learn to regulate their own behaviour by telling themselves to set a goal, make a plan, do the plan, and then check its success [51].
Atomic Intervention: the intervention process consists of the skilled actions taken by occupational therapy practitioners in collaboration with the client to facilitate engagement in an occupation related to health and participation [14].	**External strategy:** are those that are external to the patient, including the use of notebooks and other written planning systems, electronic devices, computerized systems, auditory or visual cueing systems, and task-specific aids [22]. **Internal strategy:** include any self-generated procedure whose purpose is to enhance conscious control over one's thoughts, behaviors, or emotions [22].
Metacognition	**Logbook (Key Ideas Log):** individuals can learn to quickly jot (or tape-record on a voice messenger) key questions or ideas that come to mind but can be addressed later. This allows them to continue with a particular task, rather than going to confer with a colleague or family member on another issue as it comes to mind and having to return to the task at hand [25]. **Time Pressure Management:** helps with increasing self-awareness and acceptance of disability; participants are taught a step-by-step problem-solving approach rehearsed under an increasing number of distractions [63]. **Orienting:** a general orienting procedure that teaches clients to ask themselves orienting questions at specified times. For example, a client may be trained to ask the following three orienting questions each time his or her watch beeps on the hour: (1) "What am I currently doing?" (2) "What was I doing before this?" (3) "What am I supposed to do next?" If successful, this orienting routine will prevent a client from experiencing gaps in focusing his or her attention [25]. **Pacing:** helps the clients to develop a realistic expectation for productivity. Pacing allows client to keep going for a longer period of time [25]. Pacing are actions that assist with the timing of activities, e.g., taking breaks, spreading activities throughout the day, completing partial tasks, etc. Humming a tone, singing a song or rhythm, or counting to oneself or out loud, tapping one's foot to a rhythm to assist with the timing of actions [23]. **Pause:** make breaks based on a task completion (e.g., taking a break after reading 10 pages) [25].
Task-specific	**Routine:** routines are usually written in a step-by-step format and practiced with patients using progressively less cueing until the sequence can be followed with greatest independence [64].
Compensation	**Checklist:** the introduction of a checklist or a visual cue presented to perform an endeavor. The checklist reduced the amount of prompting and increased the number of tasks completed correctly [65]. **Reminder:** **Security reminder:** represents reminders warning an individual about some personal security issues (e.g. forget to wash their hands before starting meal preparation)
Behavioural	**Positive reinforcement:** all behaviors are followed by consequences, whether recognized or not, and those consequences are defined by the effect they have on the behavior. A consequence is termed a positive reinforcement when it results in strengthening the behavior it follows [61].
Prompting: represents the expected actions to be performed by a Resident.	-
Message: represents the expected actions a Resident should perform to accomplish an IADL.	**Visual:** represents that the means to transmit the message is through a screen, light, etc. **Audio:** represents that the means to transmit the message is through a speaker.
Speech act: utterances used to perform: requests, warnings, invitations, promises, apologies, predictions, and the like [66].	-

Table 2. Definition of the atomic concepts represented in the vocabulary of CAM-IADL.

3.3.1 Knowledge representation formalism of DYCOREM and CAM-IADL

Description Logic (DL) was selected as logic-based knowledge representation formalism to represent the vocabulary of the DYCOREM and CAM-IADL. This choice was made due to DL's capacity of expressivity and reasoning. Consequently, the application domain was described in terms of atomic concepts, atomic roles, and individuals. Thus, two processes were created: **Preparing Assistance and Providing Assistance**. These processes provide interaction situations in DYCOREM. The implementation in description logic of the model is graphically represented in figures 4-7. It is generally the case when representing an ontology. Nodes represent concepts while edges represent relations. As we will see later, we used the Protégé editor [67] to implement the models. It allows the generation of descriptive formulas expressed with the OWL 2 language.

3.3.2 Preparing Assistance

Preparing Assistance describes the information (inputs) required by a Cognitive Orthotic to provide personalized assistance to a Resident for the execution of an IADL. Figure 3 presents the atomic concepts and roles of DYCOREM, which are available during the process of Preparing Assistance. In this, an Occupational Therapist performs interactions from 1 to 3 in order to prepare the assistance for a Resident. Henceforth, the atomic concepts are written in italics and interaction numbers ranging from 1 to 3 identifies atomics roles. Sometimes the atomic roles are represented by sequences of actions to perform (e.g <1.1>, <1.2>, etc.) and sometimes the atomic roles represent an action that requires access to other atomics concepts in order to complete the interaction (e.g. <1>, <1a>, <1b>, etc.). Thus, the *Occupational Therapist* plays a primary role during interactions 1to 3.

- The *Occupational Therapist* evaluates and analyses the independence of a *Resident* to perform an *IADL* <1> during a cognitive rehabilitation session. This *Evaluation* is performed while a *Resident* performs actions to accomplish an *IADL* <1a>. To do this, the *Occupational Therapist* uses the IADL Profile *Evaluation Tool* <1b>. This *Evaluation Tool* allows obtaining *Evaluation Result* related to the independence of the *Resident* to perform an *IADL* <1c>.
- The *Occupational Therapist* creates in collaboration with the *Resident* an *Intervention Plan* and an *Occupational Profile* <2>. To do this, the *Occupational Therapist* uses <2a> the *Evaluation Result* obtained in <1c>. This is done during another cognitive rehabilitation session.
- The *Occupational Therapist* configures the *Cognitive Orthotic* <3>. To this end, the *Occupational Therapist* uses <3a> the *Intervention Plan* and *Occupational Profile* created in <2>.

It is important to note that, the *Evaluation* atomic concept is concerned with the Preparing Assistance process. However, it is not represented in the Providing Assistance process (section 3.3.3) as it is not used during this process. Nevertheless, the *Message* and the *Assistance* concepts are included in Providing Assistance and not in the preparing assistance for the same reason.

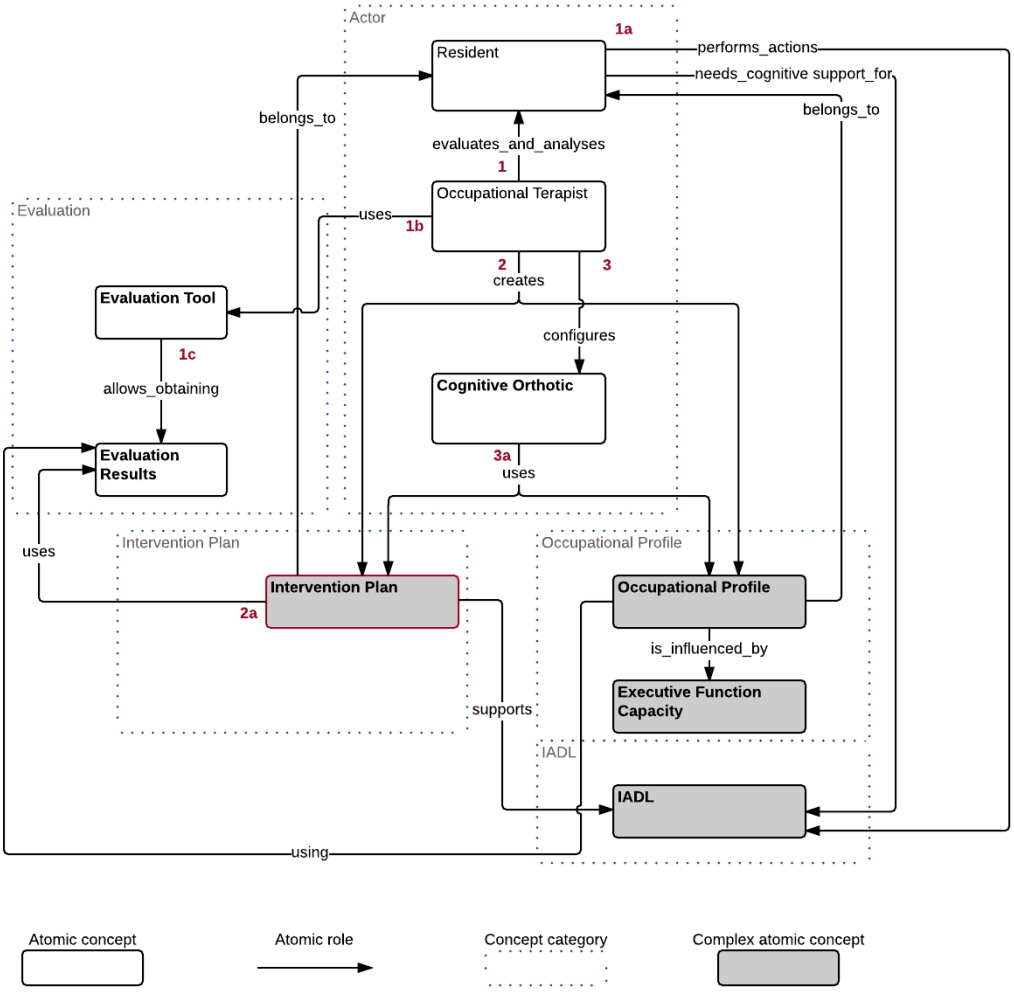


Figure 3. Atomic concepts roles of DYCOREM for Preparing Assistance.

3.3.3 Providing Assistance

Providing Assistance describes the logical sequence of interactions executed by the Resident and the Cognitive Orthotic during the assistance process. Figure 4 presents the atomic concepts and roles of DYCOREM, which are available during the process of Providing Assistance. In this, the Cognitive Orthotic offers assistance services and the Resident executes actions towards the accomplishment of an IADL.

As in the previous section, the atomic concepts are written in italics and interaction numbers from 4 to 9 identify atomics roles. Thus, the *Cognitive Orthotic* plays a primary role during interactions 4 to 9.

- The *Cognitive Orthotic* provides cognitive assistance to the *Resident* <4>. This assistance is contained in the *Intervention Plan* <4a> and it is transmitted to the *Resident* through a *Message* <4b>.
- The *Resident* interprets the *Message* provided by the *Cognitive Orthotic* <5.1> and consequently performs the action(s) suggested by the Message <5.2>. The(se) action(s) seek(s) to accomplish an *IADL*.
- The *Cognitive Orthotic* monitors <6.1> the actions performed by the *Resident*'s <5.2> to verify that they correspond to the expected behaviours specified in the *Intervention Plan* <6.2> and that should appear once the *Message* has been delivered.
- In case the *Cognitive Orthotic* detects an *IADL Situation* such as an error <7>. The *Cognitive Orthotic* can infer that the *Resident* needs a specific cognitive assistance <7a> in order to solve

the detected situation.

- The *Cognitive Orthotic* provides assistance to the *Resident* <8> in order to support him/her to solve the detected situation. This assistance is contained in *Assistance* <8a> and it is transmitted to the *Resident* through a message <8b>.
- The *Resident* interprets the *Message* <9.1> and performs actions to solve the situation <9.2>. The interaction 4-9 continues until the IADL is accomplished. Assistance can be canceled by the *Resident* at any time.

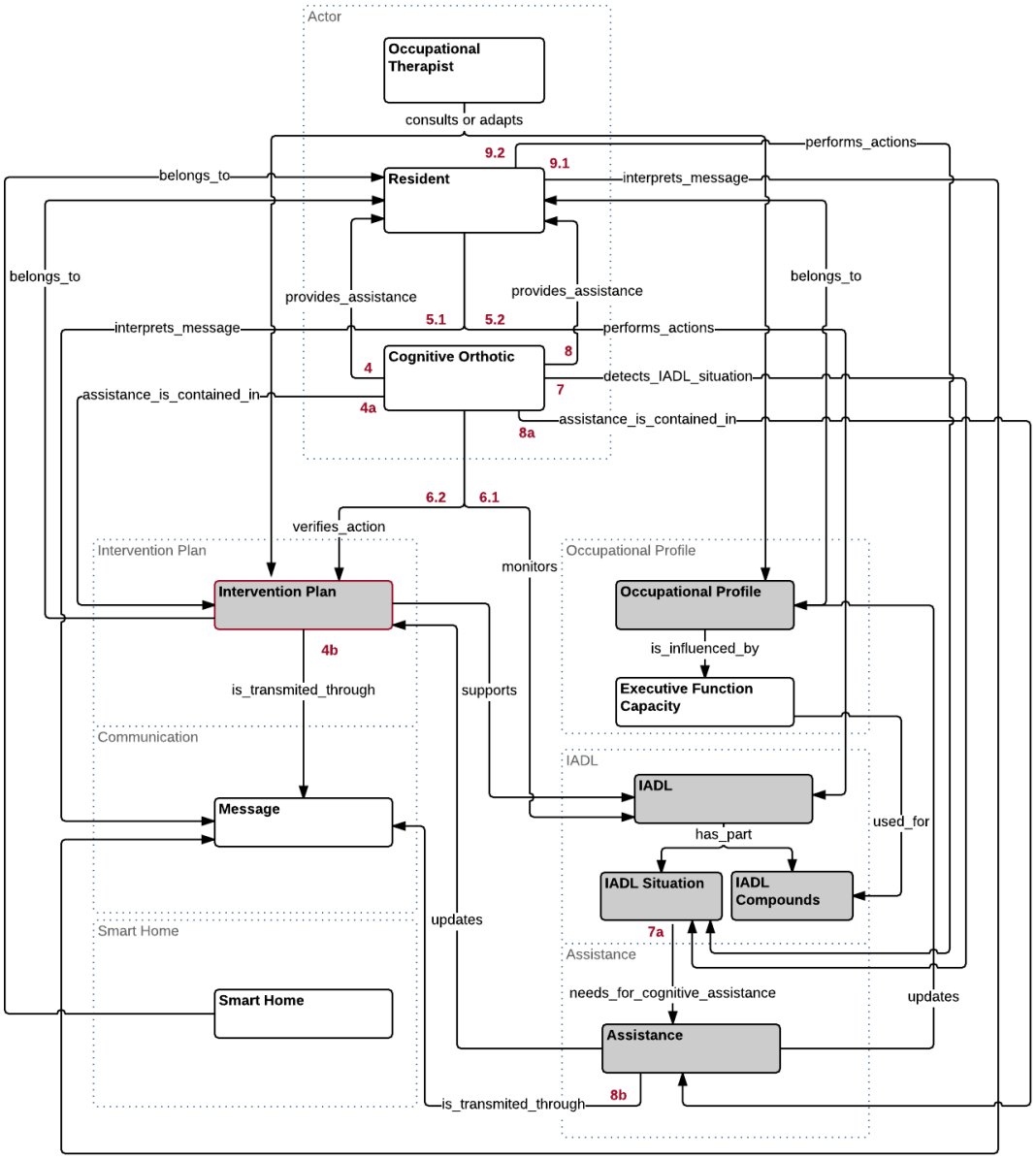


Figure 4. Atomic concepts roles of DYCOREM for Providing Assistance.

Figure 5 presents a detailed view of the concepts of IADL, Occupational Profile, and Assistance belonging to DYCOREM. The configuration of the Resident's Occupational Profile is influenced by the Resident's executive function capacities: goal formulation, planning, execution and verification. The Occupational Therapist uses information regarding the Resident's Executive Function Capabilities to support the performance of IADL Compounds, which correspond to a sub-part of IADL. An IADL was designed to correspond to each one of the 4 executive function operations (Goal Formulation, Planning,

Execution, and Verification).

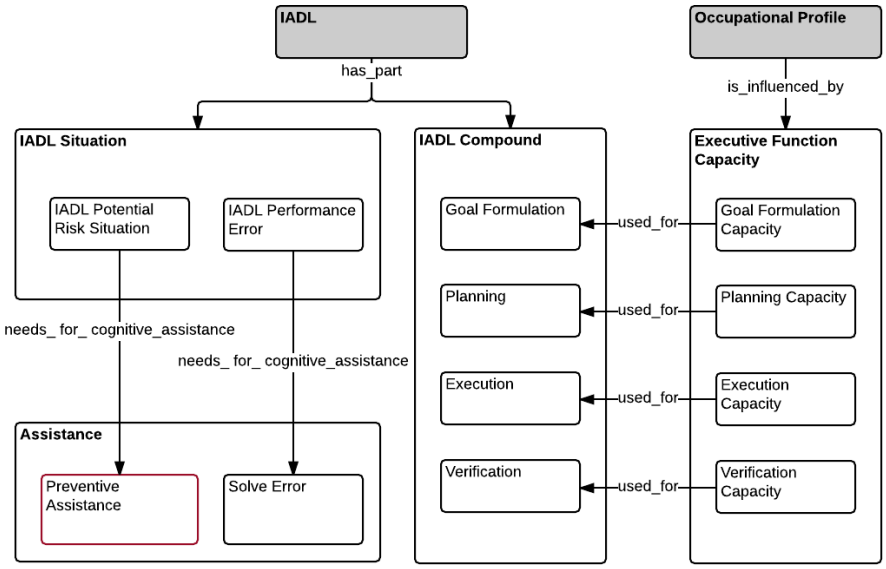


Figure 5. Detailed view of the IADL, Occupational Profile and Assistance components of the DYCOREM.

Figure 6 presents a detailed view of the Intervention Plan component of the DYCOREM. This component was formally represented in the CAM-IADL. The Intervention Plan contains a group of evidence-based interventions intending to provide cognitive support to Residents during the performance of an IADL. The Intervention Plan was designed to be customized according to the specific cognitive capacities of a Resident. An Intervention Plan is mainly composed of Therapeutic Objectives (e.g. Cook a Bolognese sauce by myself in 3 months), Global Intervention (e.g. Goal-Plan-Do-Check), Approach (e.g. Metacognition) and Complex Interventions. A Complex Intervention is realized in Atomic Interventions (e.g. Logbook) which have been associated to a Speech Act. That is to say, the intention of the intervention (e.g. perform an action), as well as the intensity of the illocutionary force (strength of the message), such as whether it is a suggestion or an order. An atomic intervention is composed of promptings. A Prompting is denoted by a Message. A Message indicates to the Resident the action to be executed (e.g. "I write down the things that I have to do later").

Moreover, in our formalization, the operationalization of the Atomic Interventions included in the Resident's Intervention Plan is transmitted to the Resident through Promptings. Besides, Promptings are adapted to Resident using the Resident's assistance needs and communication abilities and preferences contained in the Occupational Profile, such as type of desired prompting: written text, vocal, sound, lights, etc. In case a Resident has auditory comprehension problems, he could benefit from a prompt presented simultaneously in two different modes: written and vocal.

Furthermore, a series of Atomic Interventions are available in a toolbox. The toolbox contains a set of interventions that seek to support a Resident's problem solving. The toolbox remains available throughout the IADL performance. For instance, the Resident can access a Logbook to write and store information that is perturbing his/her IADL performance at any time and consult it later, Pacing to deal with stress (pause time), Reminder for Resident Objectives, etc.

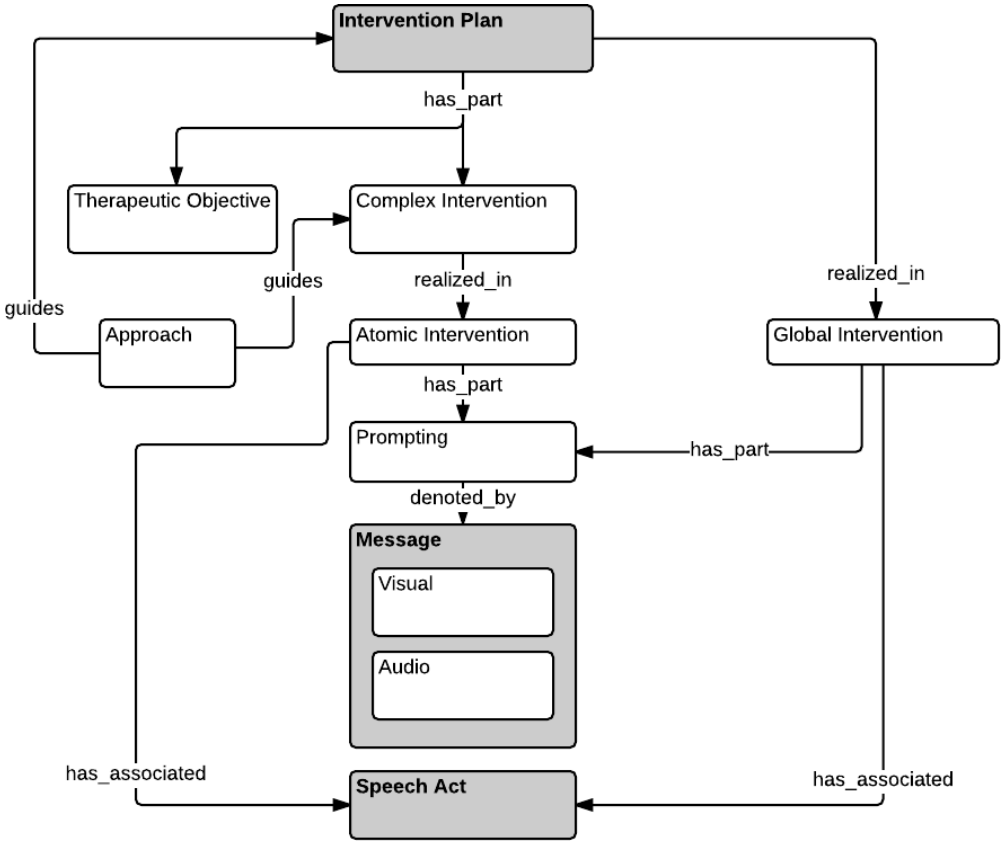


Figure 6: Detailed view of the Intervention Plan component of the DYCOREM. This view describes the atomic concepts and roles of the CAM-IADL.

3.4 Phase 4: Encode general knowledge about the domain

This phase presents the basics of a context-aware Cognitive Orthotic to support IADL performance, the definition of how the knowledge represented in the CAM-IADL was encoded, and the definition of the assistance tree structure. This structure determines the logical sequence of cognitive interventions required by an individual with cognitive impairment to accomplish an IADL.

3.4.1 A context-aware Cognitive Orthotic to support IADL performance

This study intends to provide cognitive support to the Residents of an alternative automated-housing unit at Sherbrooke (Canada). This housing unit is specialized in the care and well-being of individuals with severe TBI. The team of Computer Scientists designed the architecture of context-aware Cognitive Orthotic as a distributed system [68], which is composed of four main subsystems (Table 3). These subsystems collaborate with each other in order to provide personalized cognitive assistance to Residents during IADL performance at home. This decentralization allows the implementation of independent subsystem's, as well as the technical specialization of subsystems in the different areas involved in the assistance process such as: activity recognition, HCI, Knowledge representation, and knowledge base.

	Name	Icon*	Responsability
Cognitive orthotic subsystem	Supervision		Detects actions performed by a Resident in the smart home. To this end, this subsystem uses a sensor network installed inside the home.
	Assistance		Builds dynamically the assistance needed by a Resident according to the preliminary Resident Intervention Plan developed by an Occupational Therapist during the configuration of the Cognitive Orthotic. This subsystem keeps track of the Resident's IADL performance and updates the Resident's Intervention Plan according to the Resident's IADL progress.
	Communication		Interacts with the Resident to transmit the assistance proposed by the Assistance Subsystem, using a touch screen monitor or other effectors, along with the Resident's location in order to provide context assistance.
	Context		Stores the structure and knowledge declared in the models, as well as particular instances of the model created to provide cognitive assistance to a Resident.
External system	autonomous Safety System		Ensures a Resident's safety during IADL performance by locking the Home appliances or devices, when some safety rule situations are detected in the smart home.
	Preventive Assistance System		Provides preventive assistance to a Resident when a potential risk is detected. This preventive assistance seeks avoiding a potential risk situation from progressing towards a situation that is dangerous for the Resident's safety [59].

Table 3. Cognitive orthotic subsystems and external systems implied in the IADL execution (* extended from Olivares et al. 2016 [48]).

Context-aware is a major resource employed in the design of this generic Cognitive Orthotic. Context-aware allows the adapting, personalizing, and refining of the assistance proposed during IADL performance when deviations are detected. These deviations can be performance errors or potential dangers that appear during an IADL. Since a Resident's safety must be guaranteed during IADL performance and that safety in the alternative-housing unit represents a major concern requiring administrative authorization for the deployment of the Cognitive Orthotic in Residents' apartments two external systems, i.e., the autonomous Safety System† and the Preventive Assistance System‡ were designed to ensure the safety of Residents when using the Cognitive Orthotic.

3.4.2 Assistance tree structure encoded in CAM-IADL

An IADL represents a complex activity that requires the use of executive functions. However, executive functions are often impaired in individuals with severe TBI [6]. Henceforth, these individuals require cognitive support to perform IADLs. Thus, the design of the CAM-IADL took into consideration this characteristic of the severe TBI population.

The structure of the assistance described in the CAM-IADL was inspired from a Hierarchical Task Network (HTN) planning formalism [11]. This planning formalism was chosen because it allows the representation of the natural hierarchical structure required to perform an IADL. The CAM-IADL was designed to allow the:

---

* Icons made by Madebyoliver, Freepik, Gregor Cresnar from www.flaticon.com

† The autonomous Safety System will automatically switch off the electrical appliances

‡ The Preventive Assistance System will provide progressive assistance to the user to try to avoid the intervention of the autonomous Safety System

CAM-IADL was designed to support:

- **Generality:** the design of the performance of an IADL was divided in four sequential structures (Goal formulation, Planning, Execution and Verification). This design provided a generic structure for the performance of any IADL. However, the particularities of the IADL are defined in an external file (e.g. XML) describing the stages implied in a specific IADL. For example, for meal preparation, the general stages are: search, ingredients, and search utensils, prepare a recipe (contained as well is an external file), and COOK the disk.
- **Incrementally:** the approach (es) or intervention(s) were described in a generic manner. Thus, they can be adapted (addition, modification or deletion) according to the evolution of the cognitive rehabilitation domain.
- **Personalization:** prompts can be personalized according to the preferences of an individual. For instance, a Resident may prefer to receive a personally meaningful message about the action to perform, thus engaging and motivating him/her.

Figure 7 presents the generic HTN structure (assistance tree) to support performance of any IADL. Each tree-level is described as follows:

- Level 1: an *IADL* represents a goal activity or IADL to perform.
- Level 2: the IADL is decomposed hierarchically into four *IADL Compounds*: Goal formulation, Planning, Execution and Verification. The *IADL Compounds* correspond to the executive functions that may require support. These *IADL Compounds* are totally ordered; that is to say, the entire execution of an *IADL Compound* is a precondition to execute the next one. These *IADL Compounds* encode a causal and temporal structure of the IADL. Moreover, the temporal and causal structure was as well encoded in levels from 3 to 5 to guide the execution of an IADL.
- Level 3: every *IADL compound* is also decomposed hierarchically into two to n *Complex Intervention(s).*
- Level 4: a *Complex Intervention* represents a set of *Atomic Intervention*. A *Complex Intervention* can contain anywhere between one and n *Atomic Interventions*.
- Level 5: an *Atomic Intervention* represents an evidence-based intervention, which contains the prompt(s) or primitive actions to be executed by an individual with cognitive impairment in order to accomplish an IADL. An *Atomic Intervention* can contain anywhere between one and n *Prompt(s)*.

Moreover, the levels 2 to 4 include the *execution* properties, *concurrent* or *sequential*. This determines how the assistance tree is executed and how the content of a Prompt transmitted through HCI to the individual. For instance, in level 3 if the *execution* property of the *Complex Intervention* is set to *concurrent* then all its related *Atomic Interventions* are displayed in the same HCI. Otherwise, *Atomic Interventions* are displayed one by one in separate HCI.

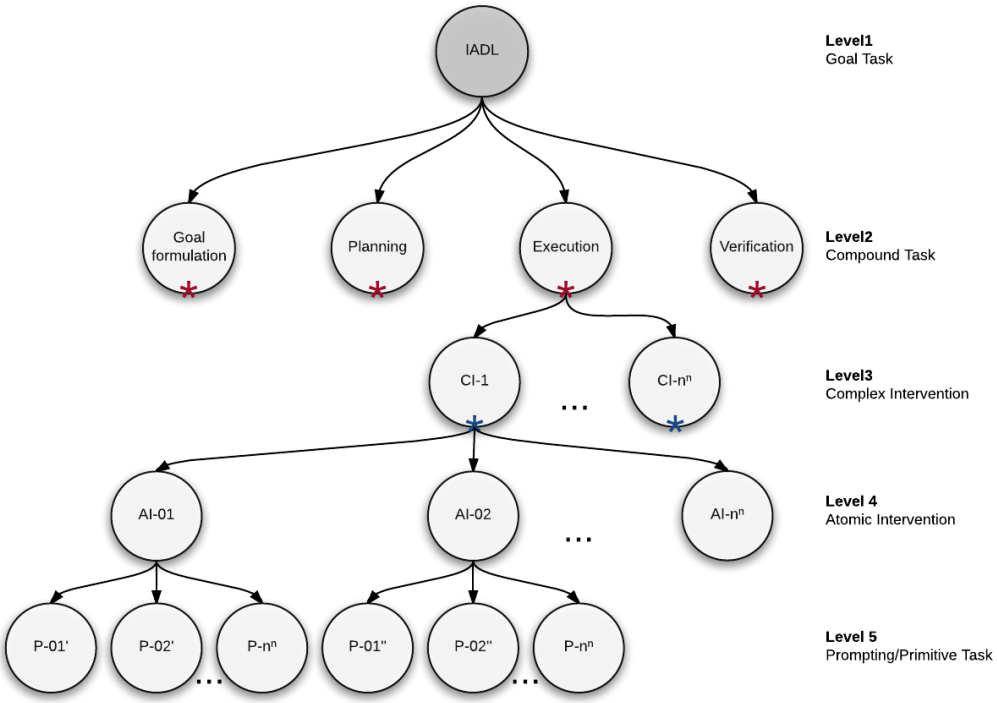


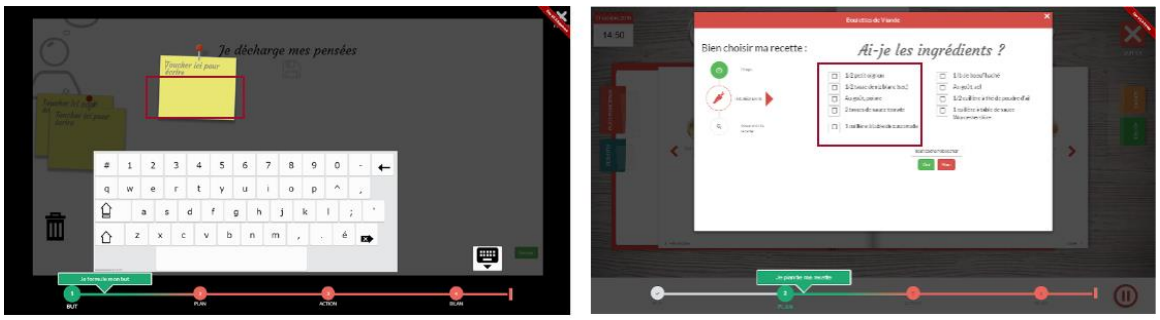
Figure 7. Generic HTN structure to support a IADL performance.

3.4.3 CAM-IADL's mechanisms

The Atomic Intervention concept includes a set of features that can be activated or configured. This can include such features as: Intervention Feedback —allowing the definition of the expected answers of a Resident in response to the assistance provided by a Prompt—, Stumping Intervention — allowing a progressive decrease in assistance provided to the Resident, etc.

Intervention Feedback

The Intervention Feedback allows an Occupational Therapist to select the type of feedback expected from a Resident as a result of a Prompting. This Intervention Feedback was designed for two main purposes: 1) from the Resident's perspective, to keep track of his/her actions, and 2) from the Cognitive Orthotic, to reason about the Resident's IADL execution. The HCI Intervention Feedback of CAM-IADL was inspired from Bloom's taxonomy[69]. Thus, the intervention feedback of the CAM-IADL can be: True/False, essaytrial, multiple choice, calculation, short answer, and matching. Figure 8a illustrates the use of essay Intervention Feedback and Figure 8b illustrates the use of intervention feedback of True/False.



(a) (b)

Figure 8. Intervention feedback (a) using True/false and (b) using essay format answer.

Most of the interventions feedbacks are not mandatory to pursuing the execution of the IADL. Nevertheless, Residents must validate the global accomplishment of one intervention to move to another one through a next button. So, the next button is used as a cognitive intervention in itself. However, it is important to highlight, that in some cases the feedback intervention provided by a Resident must be validated by the Assistance subsystem, before the Communication subsystem can pursue with the assistance process. This validation consists in determining, with a low degree of uncertainty, if the Resident has indeed performed the action he/she has validated through HCI; this can be accomplished through the activity recognition coming from the Supervision subsystem. Let's illustrate this with an example. A Resident validates that he/she has already placed a dish in the oven. However, the Supervision subsystem has not detected that the oven was activated during the current execution of the Cognitive Orthotic. Therefore, the Communication subsystem must wait for the Assistance subsystem's validation of the current intervention to convey the next intervention in the assistance process to the Resident.

Fading of interventions

We made a first attempt at identifying three levels of prompting based on the different cognitive needs and difficulties of individuals with cognitive deficits, with each level progressively offering more explicit details about the actions to be carried out by the person. The grading of this assistance to the specific needs of individuals with TBI will however have to continue to be further explored in subsequent studies due to the complexity of offering cognitive assistance to these individuals.

A fisrt attends reflexion that cog of because the cognitive

mechanism was created in order to progressively decrease the amount of assistance provided by the Orthotic to a Resident. An atomic role named "visibility" was created as well. This role defines that the assistance is going to be decreased over time. The "visibility" of an Atomic Intervention can be set at "permanent" and will thus remain invariable over the time. When "fading" in on "visibility", this indicates that assistance is going to be decreased over the utilization of the Cognitive Orthotic.

This "visibility" is set according to cognitive capabilities of the Resident's or according to the intention of the Atomic Intervention. Thus, three fading levels of intervention were created:

- Level 1, most general level of cuing, provides a general prompt about the expected action to perform (e.g. I search for the ingredients the recipe requires).
- Level 2, moderate level of cuing, allows the Resident to perform the computation by himself/herself or a list of the action(s)/item(s) to perform without validation of each one of them (e.g. I search the recipe ingredients + list of ingredients);
- Level 3, the most explicit level of cuing, provides the Resident with explicit information about the actions to be performed. At this level, depending on the aim of the cognitive intervention, information can be automatically computed for the Resident or an exhaustive validation of each action(s)/item(s) by the Resident can be required (e.g. I search the recipe ingredients + list of ingredients + checklist of each ingredient);

This fading mechanism can be progressively adjusted from level 3 to level 1 according to the number of succeeded IADL the Resident has performed.

Let's use an example to illustrate the operation mode of the fading mechanism. For an intervention intended to determine if the Resident has the required time to perform the IADL, the assistance will start at level 3. The Cognitive Orthotic will automatically calculate the expected end time of the meal preparation based on the current time and the required time to prepare this meal, e.g. preparation time: 10 minutes – Cook time 30 minutes. It is 02:48 p.m. the meal will be ready at 03:28 pm. At level 2, the Resident will be asked to compute the required time to prepare the recipe by himself/herself. At level 1, the Resident will just be asked to make sure that he/she has the time to perform the IADL without any feedback required.

Solving errors and safety situations

While a Resident is executing an IADL, the Cognitive Orthotic is continuously monitoring his/her performance. The Orthotic monitors mainly three aspects of the execution of the IADL: the performance of the IADL according to the assistance tree of a Resident, the occurrence of performance errors and security problems. These problems can be detected by means of a set of security and error rules customized to the Resident's ability when the Orthotic is configured.

In case one security rule or error is detected by the Orthotic, then, assistance is provided to the Resident to support him/her in solving the problematic situation and to prevent that a potentially risky situation evolves into a dangerous one. Once the detected situation is solved, the Resident will return to the point where the IADL was interrupted.

3.4.4 How is the CAM-IADL used?

CAM-IADL involves a close collaboration between an Occupational Therapist and the Cognitive Orthotic. In fact, the management of the cognitive rehabilitation process of a Resident is shared by both of them. On the one hand, the Cognitive Orthotic requires preliminary data related to the Resident's assistance needs in order to operate. This data is configured by the Occupational Therapist. On the other hand, the Occupational Therapist uses the historic data related to the Resident's IADL performance stored in the Cognitive Orthotic in order to evaluate the Resident's progress. Figure 9 illustrates this collaboration by explaining the four main usages of the CAM-IADL:

- Cognitive Orthotic Configuration <1>: An *Occupational Therapist* accesses the *Cognitive Orthotic* application through a HCI managed by the "Communication subsystem". Then, the *Occupational Therapist* conjointly with a *Resident* configures a *Resident*'s *Intervention Plan* <1a> for the performance of an *IADL*, as well as his/her *Occupational Profile* <1b>. To this end, the *Occupational Therapist* uses the structure and knowledge formalized in CAM-IADL stored in a knowledge base which is managed by the "Context subsystem" <1a.1> <1b.1>. The knowledge is accessible through a HCI configuration. This represents a preliminary static instance of the CAM-IADL tailored to the Resident. This instance is stored in a knowledge base <1a.2> <1b.2>.

- IADL Prompts <2>: a *Resident* interacts with a HCI <2a> and starts the use of the *Cognitive Orthotic* through a HCI <2b>. Then, the "Communication subsystem" immediately notifies the "Assistance subsystem" <2b.1>. Afterwards, the "Assistance subsystem" generates the assistance tree for the Resident <2c>. This tree generation is done by querying the knowledge base and retrieving the Resident's instance of the CAM-IADL. This instance is then duplicated; it represents the assistance to be executed <2c.1>. This instance will store the Resident's IADL performance. Then, the "Assistance subsystem" notifies the created assistance tree to the "Communication" and "Supervision" subsystems <2c.2>. Henceforth; the preliminary Resident's CAM-IADL instance will be dynamically updated at the end the utilization of the *Cognitive Orthotic*. It is important to notice that the IADL Monitoring <3> is integrated in the IADL prompts <2>.

- IADL Monitoring <3>: the "Communication subsystem" displays the assistance <3d> it uses to assist the Resident using the assistance tree generated in <2c.1>. Then, the *Resident* interprets the assistance prompt and conducts the IADL <3e>. The *Resident* interacts by providing feedback to the prompt through a HCI <3e.1> or by directly executing actions in the environment (e.g. open a cupboard) <3e.2>. Indeed, the actions performed by a *Resident* are detected by the "Supervision subsystem" <3f>. The *Resident* can end the assistance at any time through the HCI <3e.3>. The *Resident*'s interactions <3d.1>, <3f.1> and <3d.2> are notified to "Assistance subsystem" that keeps track of interactions <3g> by updating the Resident's CAM-IADL instance in execution into the knowledge base <3g.1>. Moreover, the External systems can also access the knowledge declared in the Resident's CAM-IADL instance. For example, the "autonomous Safety System" and the "Preventive Assistance System" will retrieve the information stored in the Resident's CAM-IADL instance to guaranty a Resident's safety which represents safety rules. The

monitoring of these rules will ensure the *Resident*'s safety. These external systems monitor the occurrence of safety rules during the Resident's IADL performance. When a rule is broken, the concerned system will intervene. For instance, in the meal preparation IADL, when the *Resident* exits the house while a hotplate is active, the "autonomous Safety System" will automatically switch off the stove. The assistance ends in <3h>. This can be determined by the "Assistance subsystem" or by the *Resident* after the whole execution of the assistance tree.

- IADL Analysis <4>: The *Occupational Therapist* can, through accessing HCI <4>, consult the history of the Resident's utilization of the *Cognitive Orthotic* <4.1> in order to perform an analysis of the performance of the *Resident* during an IADL performance. This analysis is performed in order to find out which interventions are useful to the Resident and which ones are not, where and when errors are detected, the Resident's time management and so on.

The four usages of the CAM-IADL are interdependent. Thus, "Cognitive Orthotic Configuration" <1> is required by the *Cognitive Orthotic* to be able to provide "IADL Prompting" <2> to the *Resident*. The Cognitive Orthotic' subsystems (Communication, Supervision and Assistance) rely on the "IADL Prompting" to perform "IADL Monitoring" <3>. This "IADL Monitoring" can be accomplished through the collaboration of all subsystems of the *Cognitive Orthotic*. Finally, IADL Analysis is possible only in the case where <1>, <2>, and <3> are executed.

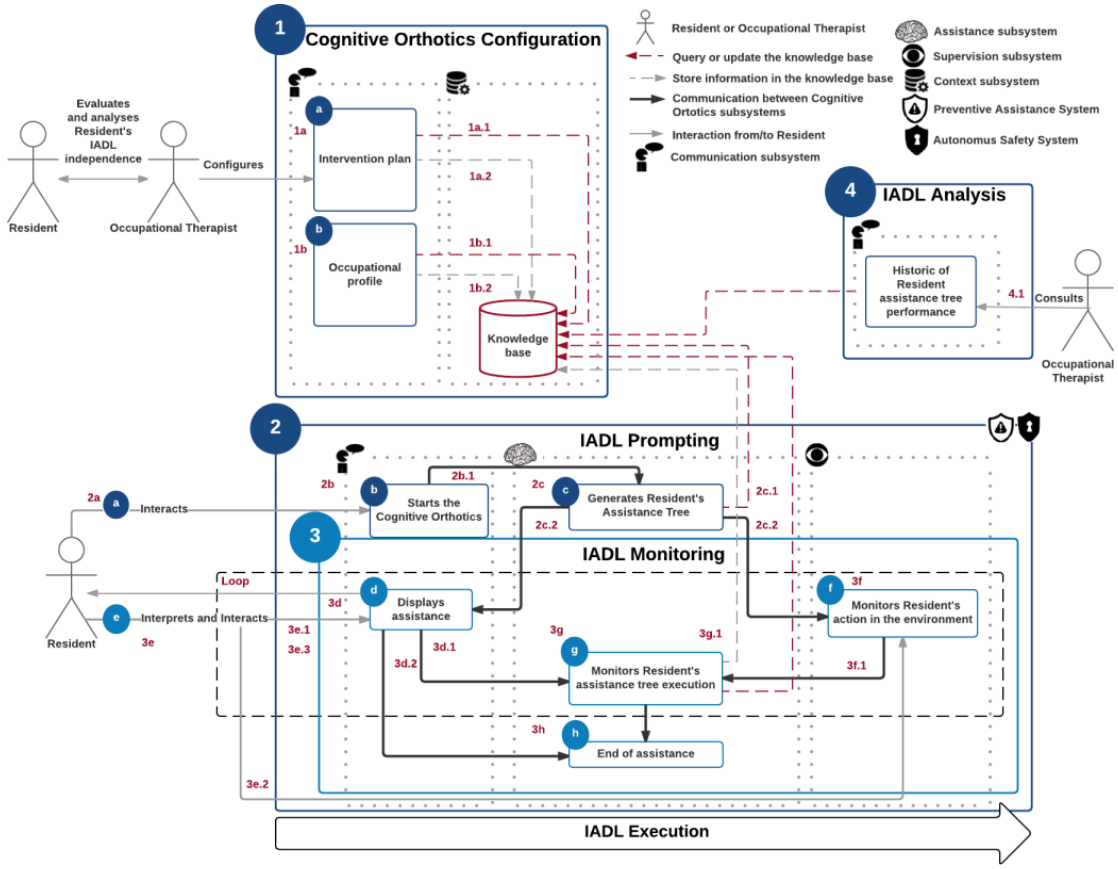


Figure 9. Usage of the Cognitive Assistance Model for IADL performance (CAM-IADL).

3.5 Phase 5: Encode a description of the specific problem instance

A partial instance of the DYCOREM was created in this phase. This instance included a Cognitive Orthotic named Cognitive Orthosis for coOKing (COOK). The instance COOK was created to provide cognitive support to Frédéric Chauvin, a Resident, through the IADL meal preparation. Anne Fortin is the Occupational Therapist which manages Frédéric's cognitive rehabilitation process.

We chose to instantiate the meal preparation IADL due to it represents the main IADL to resume of real users (the Residents). Moreover the Intervention Plan component represented by the CAM-IADL was also instantiated.

Figure 10 illustrates an excerpt of the DYCOREM and CAM-IADL instance for supporting Frédéric Chauvin during meal preparation. The excerpt focusses on Frédéric's main planning assistance needs:

- management of environmental distractors (e.g. social network notifications) ;
- reminders (e.g. hand washing before starting the meal preparation) ;
- external aids to manipulate electrical appliances (e.g. use of stove).

Consequently, Anne Fortin chose to use the *Pacing* intervention to deal with Frédéric's environmental distractors and avoid attentional problems, the *Reminder* intervention to deal with his memory problems by anticipating the occurrence of common errors he often commits, and the E*xternal Aid* intervention to deal with the manipulation of the stove through the HCI.

Figure 11 presents the assistance tree of the CAM-IADL instance created by Anne Fortin to support Frédéric's planning. Moreover, this figure illustrates how the assistance encoded in the assistance tree is operationalized through a HCI.

28

- Cognitive Orthosis (COOK)
- Resident(Frédéric Chauvin)
- Occupational Therapish(Anne Fortin)
- Intervention_Plan(Intervention_plan01)
- belongs_to(Intervention_plan01, Frédéric Chauvin)
- IADL(Meal preparation)
- supports(Intervention_plan01, Meal preparation)
- Goal_Formulation(Goal formulation)
- Planning(Planning)
- Execution(Execution)
- Verification(Verification)
- has_part(Meal preparation, Goal formulation)
- has_part(Meal preparation, Planning)
- has_part(Meal preparation, Execution)
- has_part(Meal preparation, Verification)
- Complex_Intervention(Complex_Intervention01)
- has_part(Intervention_plan01, Complex_Intervention01)
- has_part(Intervention_plan 01, Complex_Intervention02)
- has_part(Intervention_plan 01, Complex_Intervention02)
- Atomic_Intervention(Pacing01)
- Atomic_Intervention(Remider01)
- Atomic_Intervention(External_Aid01)
- supported_by(Complex_Intervention01, Planning)
- realized_in(Complex_Intervention01, Pacing01)
- realized_in(Complex_Intervention01, Remider01)
- realized_in(Complex_Intervention01, External_Aid01)
- Prompting(Prompting01)
- Prompting(Prompting02)
- Prompting(Prompting01)
- Message(Message 01)
- Message(Message 02)
- Message(Message 03)
- denoted_by(Prompting01, Message 01)
- denoted_by(Prompting02, Message 02)
- denoted_by(Prompting03, Message 03)

Figure 10. Excerpt of the DYCOREM and CAM-IADL instance for supporting Frédéric Chauvin during meal preparation.

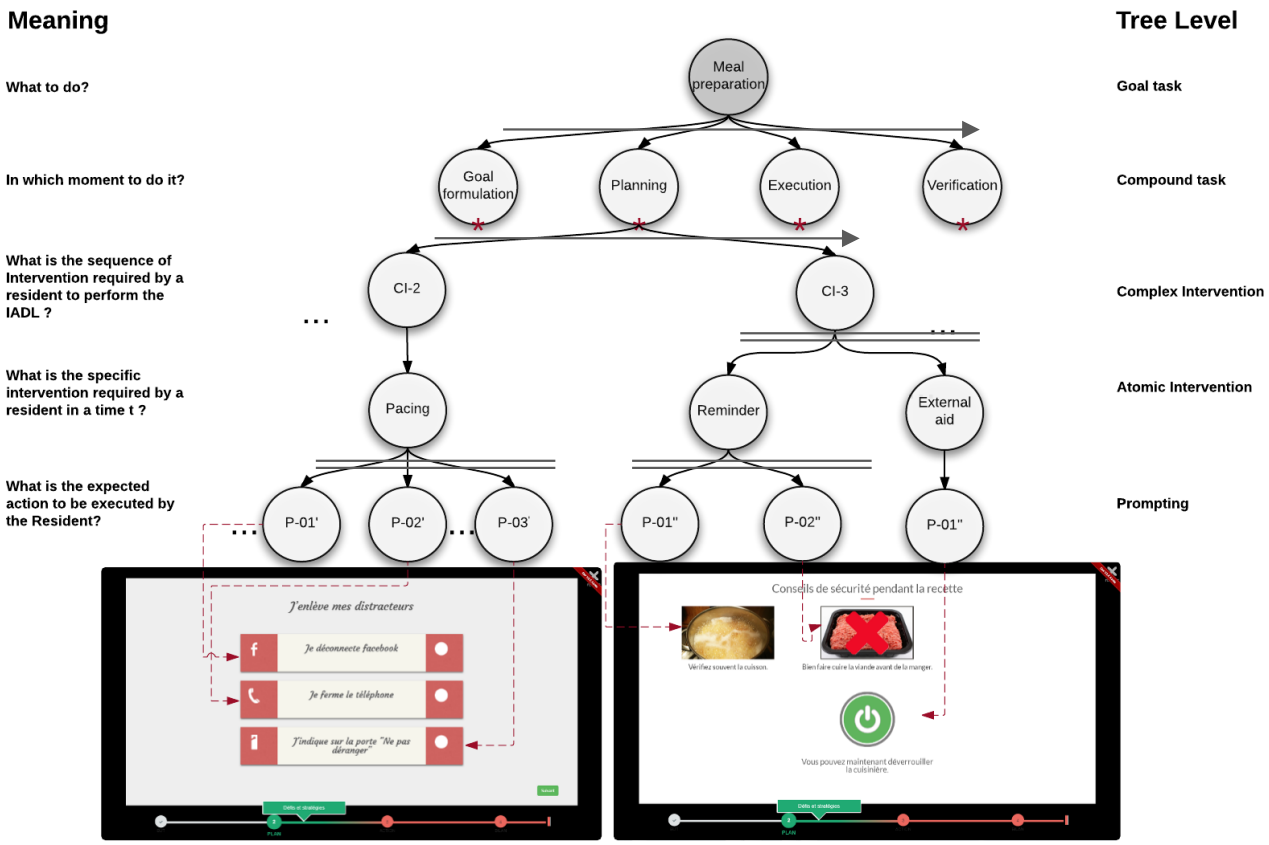


Figure 11. Excerpt of the CAM-IADL instance of meal preparation for a specific Resident.

3.6 Phase 6: Pose queries to the inference procedure

This phase presents some axioms which allow the validation of CAM-IADL instances and the knowledge supported by DYCOREM and CAM-IADL.

3.6.1 Axioms for validating the creation of an Intervention Plan

The creation of the CAM-IADL instance is performed by an Occupational Therapist while he/she configures a Resident's Intervention Plan. The terminological definition of axioms (Figure 12) allows validating if the created CAM-IADL instance respects constraints established by our models, that is to say, that the created CAM-IADL instance for a Resident is well formed.

1. An Intervention Plan belongs only to one Resident
   Intervention_Plan ≡ =1 belongs.Resident
2. An Intervention Plan supports only one IADL
   Intervention_Plan ≡ =1 supports.IADL
3. An Intervention Plan has at least three Therapeutic objectives
   Intervention_Plan ≡ ≥3 has_part.Therapeutic_Objetctive
4. Intervention Plan has only one Assistance Level
   Intervention_Plan ≡ =1 has_part.Assistance_Level
5. An IADL is composed of four IADL compounds
   IADL ≡ (=1 has_part.Goal_Formulation) ⊓ (=1 has_part.Planning) ⊓ (=1 has_part.Execution) ⊓ (=1 has_part.Verification)
6. An IADL is supported by only one Global Intervention
   IADL ≡ =1 supported_by.Global_Intervention
7. An Global Intervention is associated with at least one Prompting
   Global_Intervention ≡ ≥ 1 has_part.Prompting
8. Each Complex Intervention supports only one IADL Compound
   Complex_Intervention ≡ = 1 supports.IADL_Compound
9. Each Complex Intervention is realized in at least one Atomic Intervention
   Complex_Intervention ≡ ≥ 1 realized_in. Atomic_Intervention
10. Each IADL compounds is associated to at least one Complex Intervention
    IADL_Compounds ≡ ≥ 1 supported_by.Complex_Intervention
11. Each Complex Intervention is guided by only one Approach type
    Complex_Intervention ≡ =1 is_guided_by.Approach
12. Each Atomic Intervention is associated to only one type of Speech Act
    Atomic_ Intervention ≡ =1 associated_speech_act.Speech_Act
13. Each Atomic Intervention is associated to at least one Prompting
    Atomic_Intervention ≡ ≥ 1 has_part.Prompting
14. Each Prompting is denoted by at least one Message
    Prompting ≡ ≥ 1 denoted_by.Message

Figure 12. Excerpt of axioms to validate the construction of a CAM-IADL instance.

Therefore, an excerpt knowledge supported by our models is sumarized in (Table 4):

Question	Usage of the CAM-IADL
To whom belongs the Intervention Plan?	1. Cognitive orthotic configuration
What is the IADL to be supported by the Intervention Plan?	
Which are the IADL Compounds?	
What is the execution order of each IADL Compound?	
Which are the Therapeutic Objectives of the Intervention Plan?	
What is the Approach guiding the Intervention Plan?	
What is the Approach guiding a Complex_Intervention?	
How many Complex Intervention does the Intervention Plan contain?	
What are the Atomic Interventions of a Complex Intervention?	
What is the Assistance Level of the Resident?	
What was the Evaluation Tool employed to asses the Resident's IADL independence?	
What are the Atomic Interventions supporting an IADL Compound?	

What is the Approach guiding an particular Atomic Intervention?	
How many Prompts are included in an Atomic Intervention?	
What are the Messages included in a Prompting?	
What type of Speech Act is associated to an Atomic Intervention?	
Which is the current IADL in execution?	2. IADL Prompting
Who is executing the IADL?	
What is the IADL Compound in execution?	
What was the previous IADL Compound executed ?	
What is the complex Intervention to display ?	
Can an Atomic Intervention be automatically executed?	
How to display the Complex Intervention (concurrent or sequential)?	
What is the current Atomic Intervention displayed?	
What is the order of Message contained in an Atomic Intetrvention?	
What is the status (IN_EXECUTION, PAUSE, etc.) of Atomic Intervention?	3. IADL Monitoring performance
How long did it take the Resident to complete the Atomic Intervention?	
How many times has the Resident accomplished the IADL?	
How many times has the Resident not abandoned the IADL?	
What situations were detected during IADL execurion (Safety issues/errors)?	

Table 4. Except of the knowledge supported by the DYCOREM and CAM-IADL.

This knowledge representation could be used as a fondation of a cognitive assistance process. This could lead to a complex inference analysis to determine the results of the assistance provided and detect where the Resident needs more assistance. This could be determined by temporal or contextual information. (e.g. detect that almost every time the phone rings, the Resident forgets to return to the kitchen).

4 Conclusion and perspectives

This paper presented the formalization of two generic models: the Dynamic Cognitive Rehabilitation Model (DYCOREM) and the Cognitive Assistance Model for IADL Performance (CAM-IADL**)**. These models aim to foster IADL independence of individuals with severe TBI in a smart alternative-housing unit.

- DYCOREM is a model for the management of the cognitive rehabilitation process. DYCOREM represents the articulation between the entities/components required to extend the cognitive rehabilitation process of an individual at home through a Cognitive Orthotic.
- CAM-IADL focuses on one of the DYCOREM components, the "Intervention Plan". CAM-IADL represents the entities required to provide cognitive assistance to an individual with severe TBI during an IADL. This assistance is founded on evidence-based interventions, which are chosen to support the cognitive deficits of an individual. CAM-IADL was designed to respond to a wide variety and range of cognitive difficulties exhibited by individuals with severe TBI who do not have communication disabilities.

The formal representation of the knowledge included in the DYCOREM and CAM-IADL is the result of an interdisciplinary effort. This interdisciplinary effort allowed the transfer of knowledge from real-world cognitive rehabilitation clinical practice to a computer science formal representation in the DL language. This knowledge is interpreted and used by a system.

Furthermore, DYCOREM and CAM-IADL represent one of the first contributions in the design of assistive technologies founded in the use of evidence-based interventions used in the clinical practice of cognitive rehabilitation. Moreover, the CAM-IADL includes the use of intervention approaches such as metacognition, compensation, etc. On the one hand, the use of metacognition allows the Occupational Therapist to guide the Resident to identify and select the resources he/she needs to perform each one of the different steps included in an IADL. On the other hand, the use of a compensatory approach allows the Occupational Therapist to select the intervention required by the Resident for the performance of an IADL. This is a valuable feature to be used by Occupational Therapists during the configuration of the Cognitive Orthotic. Consequently, the inclusion of clinical intervention approaches and evidence-based interventions in the design of CAM-IADL represents a significant evolution in the design of assistive technologies as rehabilitation tools within a home environment.

The taxonomies of DYCOREM and CAM-IADL were defined. These taxonomies contain the main entities/components and their inter-relations of each model. The DYCOREM's taxonomy has eight entities: *Actor, IADL, Evaluation, Intervention Plan, Communication, Environment, IADL Situation*: (a) *IADL Potential Risk Situation*, (b) *IADL Performance Error, and Assistance.* The CAM-IADL's taxonomy has as well eight main entities and their inter-relations: *Therapeutic objective, Approach, Global Intervention, Complex Intervention, Atomic Intervention, Prompting, Message, and Speech acts.*

The structure of the assistance provided by the Cognitive Orthotic was inspired from the HTN planning formalism. This structure represents a tailored plan of the cognitive needs of an individual to perform an IADL. The plan organizes the execution of an IADL. So, an IADL represents the goal task that was decomposed into four compounds task (Goal Formulation, Planning, Execution, and Verification), each one of them corresponds to a component of executive function. Thus, each executive function is supported by a specific evidence-based intervention. Each evidence-based intervention is operationalized by prompts, which indicates to the individuals the actions to be performed. Consequently, the CAM-IADL provides: 1) a configuration tool to support the Occupational Therapist during the creation of a personalized Intervention Plan of individuals. For this, the Occupational Therapist uses the knowledge of evidence-based interventions declared in the model; 2) a guide for the individual to perform an IADL; 3) a monitoring tool for the IADL performance of an individual; 4) an analysis tool to measure the performance of an individual during the execution of an IADL using his/her Intervention Plan.

The genericity of CAM-IADL relies on its capability to be instantiated to support any IADL. Therefore, in this study, an instance of the CAM-IADL to support the Meal preparation IADL was created to demonstrate its functionalities. This instance corresponds to a Cognitive Orthosis for coOKing (COOK) which provides cognitive support to a Resident during the IADL of meal preparation.

COOK is currently semi-automatically implemented in a smart alternative-housing unit located in Sherbrooke in Québec, Canada. COOK is providing cognitive assistance for meal preparation to three people living there. Semi-automatic implementation means that the four usages of the CAM-IADL have not yet been fully implemented; the usage one and two are currently implemented allowing Residents to perform meal preparation with the cognitive support of COOK. A full implementation of four the usage of CAM-IADL —Cognitive Orthotic Configuration, IADL Prompts, ADL Monitoring, IADL Analysis— is currently under development and it expected to be integrated in the smart alternative-housing unit in the near future. This will include error detection and error solving assistance. Moreover, the full implementation includes the integration of the Preventive Assistance System as well as the stumping mechanism.

Our vision is to empower the DYCOREM by developing meta-strategy mechanisms that will be launched after the failure of the assistance proposed by the solving error mechanism. The meta-strategy mechanism will be responsible to reason about the situation and contextual information to automatically propose the use of a new cognitive intervention with which to support the Resident in the accomplishment

of the missed step and to pursue the execution of the IADL. Additionally, we would like to eventually include the INCOG [70] guideline recommendations to rehearse communication aspect of the assistance.

5 Acknowledgements

This research was funded by the Canadian Institutes of Health Research (CIHR), Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC), the Research Centre on Aging affiliated to the *Université de Sherbrooke*, and the French *Télécom & Société numérique Carnot Institute.* N. Bier is supported by a salary award from the Fonds de la recherché du Québec – Santé. Preliminary work related to this project was funded by the Réseau provincial de recherche en adaptation-réadaptation (REPAR) and the Office des personnes handicapées du Québec (OPHQ).

We gratefully acknowledge the support from the Canadian establishments: *Centre de Réadaptation Estrie (CRE)* and its alternative-housing unit.

The authors thank Adrien Barton and Serge Garlatti for the many discussions on ontologies.

6 References

[1] I. Baguley, M. Nott, A. Howle, G. Simpson, S. Browne, A. King, R. Cotter, and A. Hodgkinson, "Late mortality after severe traumatic brain injury in New South Wales: a multicentre study," *Med. J. Aust.*, vol. 196, no. 1, pp. 40–45, 2011.

[2] S. Fleminger and J. Ponsford, "Long term outcome after traumatic brain injury," *Br. Med. J.*, vol. 331, pp. 1419–1420, 2005.

[3] J. Bruns and W. . Hauser, "The epidemiology of traumatic brain injury: a review.," *Epilepsia*, vol. 44 Suppl 1, no. 2, pp. 2–10, 2003.

[4] A. Hyder, C. Wunderlich, P. Puvanachandra, G. Gururaj, and O. C. Kobusingye, "The impact of traumatic brain injuries: a global perspective.," *NeuroRehabilitation*, vol. 22, no. 5, pp. 341–353, 2007.

[5] C. Bottari, C. Dassa, C. Rainville, and E. Dutil, "A Generalizability Study of the Instrumental Activities of Daily Living Profile," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 91, no. 5, pp. 734–742, 2010.

[6] J. Griffen and R. Hanks, "Cognitive and Behavioral Outcomes from Traumatic Brain Injury," *Handb. Neuropsychol. Trauma. Brain Inj.*, pp. 271–282, 2014.

[7] M. D. Lezak, "Assesing Executive Functions," *Int. J. Psychol.*, vol. 17, pp. 281–297, 1982.

[8] A. M. Cook and J. M. Polgar, *Cook and Hussey's assistive technologies: principles and practice, Third Edition*. 2013.

[9] E. Lopresti, A. Mihailidis, and N. Kirsch, "Assistive technology for cognitive rehabilitation: State of the art," *Neuropsychol. Rehabil.*, vol. 14, no. 1–2, pp. 5–39, 2004.

[10] Y. Chu, P. Brown, M. Harniss, H. Kautz, and K. Johnson, "Cognitive support technologies for people with TBI: current usage and challenges experienced.," *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 279–285, 2014.

[11] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3rd edition*. 2009.

[12] M. Levasseur, H. Pigot, M. Couture, N. Bier, B. Swaine, P.-Y. Therriault, and S. Giroux, "Identifying participation needs of people with acquired brain injury in the development of a collective community smart home.," *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.*, vol. 3107, no. February 2016, pp. 1–9, 2015.

[13] H. J. Polatajko, J. Craik, J. Davis, and E. A. Townsend, *Modèle canadien du processus de pratique (MCPP). Dans E. Townsend et H. Polatajko. Habiliter à l'occupation : faire avancer la perspective ergothérapique de la santé, du bien-être et de la justice par l'occupation.* Ottawa, ON, 2008.

[14] D. Ann Amin and K. Kannenber, "Occupational Therapy Practice Framework: Domain and Process," *Am. J. Occup. Ther.*, vol. 68, no. Supplement 1, pp. S1–S48, 2014.

[15] G. Le Dorze, J. Villeneuve, A. Zumbansen, M. Masson-Trottier, and C. Bottari, "Verbal Assistance within the Context of an IADL Evaluation," *Open J. Ther. Rehabil.*, vol. 2, no. 4, p. 182, 2014.

[16] S. Gauthier, P. Lam, W. Shun, N. Gosselin, and G. Le, "Faire des courses avec des atteintes cognitives : l'influence des facteurs environnementaux," *Elsevier*, 2014.

[17] C. Bottari, G. Iliopoulos, P. Lam Wai Shun, and D. R. Dawson, "The Clinical Reasoning That Guides Therapists in Interpreting Errors in Real-World Performance.," *J. Head Trauma Rehabil.*, vol. 29, no. 6, pp. 1–13, 2014.

[18] C. Bottari, P. Lam, W. Shun, G. Le Dorze, N. Gosselin, and D. Dawson, "Self-Generated Strategic Behavior in an Ecological Shopping Task," *Am. J. Occup. Ther.*, vol. 68, no. 1, pp. 67–76, 2014.

[19] C. Bottari and D. R. Dawson, "Executive Functions and Real-World Performance: How Good Are We at Distinguishing People with Acquired Brain Injury from Healthy Controls?," *OTJR Occup. Particip. Heal.*, vol. 31, no. 1, pp. S61–S68, 2011.

[20] C. Bottari, B. Swaine, and É. Dutil, "Interpreting activity of daily living errors for treatment and discharge planning: The perception of occupational therapists," *J. Head Trauma Rehabil.*, vol. 22, no. 1, pp. 26–30, 2007.

[21] M. Blanchet, T. Huynh, D. Giroux, and C. Bottari, "L'évaluation en ergothérapie pour contribuer à documenter l'aptitude : étude de cas," *Can. J. Occup. Ther.*, vol. 83, no. 3, pp. 154–165, 2016.

[22] E. Haskins, K. Cicerone, K. Dams-O'Connor, R. Eberle, D. Langenbahn, and A. Shapiro-Rosenbaum, *Cognitive*

rehabilitation manual: Translating evidence-based recommendations into practice. American Congress of Rehabilitation Medicine, 2012.

[23] J. Toglia, S. Rodger, and H. Polatajko, "Anatomy of cognitive strategies: a therapist's primer for enabling occupational performance," *Can. J. Occup. Ther.*, vol. 79, no. 4, pp. 225–236, 2012.

[24] A. Gillespie, C. Best, and B. O'Neill, "Cognitive Function and Assistive Technology for Cognition: a systematic review," *J. Int. Neuropsychol. Soc.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–19, 2012.

[25] M. Sohlberg and C. Mateer, *Cognitive rehabilitation: an integrative neuropsychological approach*. Guilford Press, 2001.

[26] M. A. Hersh and M. A. Johnson, "On modelling assistive technology systems – Part 2 : Applications of the comprehensive assistive technology model," *Technol. Disabil.*, vol. 20, no. 3, pp. 251–270, 2008.

[27] A. F. VanSant, "The International Classification of Functioning, Disability and Health," *Pediatr. Phys. Ther.*, vol. 18, no. 4, p. 237, 2006.

[28] A. Seelye, M. Schmitter-Edgecombe, B. Das, and D. Cook, "Application of cognitive rehabilitation theory to the development of smart prompting technologies," *IEEE Rev. Biomed. Eng.*, vol. 5, pp. 1–1, 2012.

[29] M. Beetz, F. Stulp, B. Radig, J. Bandouch, N. Blodow, M. Dolha, A. Fedrizzi, D. Jain, U. Klank, I. Kresse, A. Maldonado, Z. Marton, L. Mösenlechner, F. Ruiz, R. B. Rusu, and M. Tenorth, "The Assistive Kitchen - A demonstration scenario for cognitive technical systems," *Proc. 17th IEEE Int. Symp. Robot Hum. Interact. Commun. RO-MAN*, pp. 1–8, 2008.

[30] Y. Nakauchi, T. Suzuki, A. Tokumasu, and S. Murakami, "Cooking procedure recognition and support system by intelligent environments," *2009 IEEE Work. Robot. Intell. Informationally Struct. Space, RiiSS 2009 - Proc.*, pp. 99–106, 2009.

[31] H. Mahajan, "Development and Evaluation of a Smart Cueing Kitchen for Individuals with Cognitive Impairments," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 94, no. 10, pp. e1–e2, 2013.

[32] R. Blasco, Á. Marco, R. Casas, D. Cirujano, and R. Picking, "A smart kitchen for ambient assisted living.," *Sensors (Basel).*, vol. 14, no. 1, pp. 1629–1653, 2013.

[33] A. Amato, A. Coronato, and G. Paragliola, "Towards a coaching system for daily living activities : the use of kitchen objects and devices for cognitive impaired people," pp. 325–336.

[34] R. Brachman and H. Levesque, *Knowledge Representation and Reasoning*, vol. 1. 2004.

[35] J.-P. Haton and haton, "Systèmes à bases de connaissances," *Tech. l'ingénieur*, vol. 33, no. 0, pp. 1–15, 2012.

[36] ATopics, "Description Logic." [Online]. Available: http://aitopics.org/topic/description-logic. [Accessed: 01-Jun-2016].

[37] W3C, "OWL 2 Web Ontology Language." [Online]. Available: https://www.w3.org/TR/owl2-overview/.

[38] T. R. Gruber, "Technical Report KSL 92-71 Revised April 1993 A Translation Approach to Portable Ontology Specifications by A Translation Approach to Portable Ontology Specifications," *Knowl. Creat. Diffus. Util.*, vol. 5, no. April, pp. 199–220, 1993.

[39] Open Clinical, "Open Clinical, knowledge management for medical care." [Online]. Available: http://www.openclinical.org/ontologies.html.

[40] J. Charlet, B. Bachimont, and M. C. Jaulent, "Building medical ontologies by terminology extraction from texts: An experiment for the intensive care units," *Comput. Biol. Med.*, vol. 36, no. 7–8, pp. 857–870, Jul. 2006.

[41] C. Roussey, F. Pinet, M. Ah Kang, and O. Corcho, *Ontologies in Urban Development Projects*. 2011.

[42] IFOMIS, "BFO Basic Formal Ontology." [Online]. Available: http://ifomis.uni-saarland.de/bfo/. [Accessed: 01-Jun-2016].

[43] Laboratoiry for Applied Ontology- Institut of cognitive science and Technology Italian National Research Council, "DOLCE : a Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering." [Online]. Available: http://www.loa.istc.cnr.it/old/DOLCE.html. [Accessed: 01-Jun-2016].

[44] Ontology for Biomedical Investigations (OBI), "Information Artifact Ontology." [Online]. Available: https://bioportal.bioontology.org/ontologies/IAO. [Accessed: 01-Dec-2015].

[45] D. Riaño, F. Real, J. A. López-Vallverdú, F. Campana, S. Ercolani, P. Mecocci, R. Annicchiarico, and C. Caltagirone, "An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients," *J. Biomed. Inform.*, vol. 45, no. 3, pp. 429–446, 2012.

[46] A. Valls, K. Gibert, D. Sánchez, and M. Batet, "Using ontologies for structuring organizational knowledge in Home Care assistance," *Int. J. Med. Inform.*, vol. 79, no. 5, pp. 370–387, 2010.

[47] T. Gruber, "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing BT - Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation," in *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, N. Guarino and R. Poli, Eds. Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation, 1993.

[48] M. Olivares, H. Pigot, T. Zayani, N. Bier, C. Bottari, G. Le Dorze, B. Le Pévédic, S. Pinard, B. Swaine, P. Therriault, A. Thépaut, and S. Giroux, "Traumatic Brain Injury Persona : An Interdisciplinary Approach to Designing a Cooking Assistant," *Artic. under Rev.*, 2016.

[49] K. D. Cicerone, T. Mott, J. Azulay, M. A. Sharlow-Galella, W. J. Ellmo, S. Paradise, and J. C. Friel, "A Randomized Controlled Trial of Holistic Neuropsychologic Rehabilitation After Traumatic Brain Injury," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 89, no. 12, pp. 2239–2249, 2008.

[50] É. Dutil, C. Bottari, M. Vanier, and C. Gaudreault, *ADL Profile: Description of the instrument*, Émersion. Montreal, 2005.

[51] D. R. Dawson, A. Gaya, A. Hunt, B. Levine, C. Lemsky, and H. J. Polatajko, "Using the cognitive orientation to occupational performance (CO-OP) with adults with executive dysfunction following traumatic brain injury.," *Can. J. Occup. Ther.*, vol. 76, no. October 2015, pp. 115–27, 2009.

[52] G. Booch, J. Rumbaugh, and I. Jacobson, *The Unified Modeling Language User Guide*, vol. 3. 1998.

[53] Cambridge, "Cambridge Dictionaries Online," *Philosophy*, no. entry 124. pp. 138–138, 1994.

[54] The American Occupational Therapy Association, "About Occupational Therapy." [Online]. Available: http://www.aota.org/about-occupational-therapy.aspx.

[55] H. Pigot, J. Bauchet, and S. Giroux, "Assistive devices for people with cognitive impairments," in *The engineering handbook on smart technology for aging, disability and independence*, A. Helal, M. Mokhtari, and B. Abdulrazak, Eds. John Wiley & Sons., 2008, pp. 217–236.

[56] R. Elliot, "Executive functions and their disorders," *Stat. Process Model. Cogn. Neurosci. Aging*, pp. 15–58, 2003.

[57] Mosby's Medical Dictionary 8th edition, "Instrumental activities of daily living," *Mosby's Medical Dictionary, 8th edition.*, 2009. [Online]. Available: http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/instrumental+activities+of+daily+living. [Accessed: 01-Jun-2016].

[58] S. M. Dictionary, "food preparation. (n.d.)," 2011. .

[59] M. Olivares, S. Giroux, P. De Loor, A. Thépaut, and H. Pigot, "An ontology model for a context-aware preventive assistance system : reducing exposition of individuals with Traumatic Brain Injury to dangerous situation during meal preparation," in *Article under review*, 2016, pp. 1–7.

[60] N. Franck, "Remédiation cognitive en psychiatrie," *J. Ther. Comport. Cogn.*, vol. 22, no. 3, pp. 81–85, Sep. 2012.

[61] R. Watling and I. S. Schwartz, "Understanding and implementing positive reinforcement as an intervention strategy for children with disabilities," *Am. J. Occup. Ther.*, vol. 58, no. 1, pp. 113–116, 2004.

[62] D. Meichenbaum, "Cognitive-Behavior Modification: An Integrative Approach," *J. Appl. Psychol.*, vol. 60, pp. 765–80, 1977.

[63] L. Fasotti, F. Kovacs, P. Eling, and W. Brouwer, "Time pressure management as a compensatory strategy training after closed head injury," *Neuropsychol. Rehabilittion*, vol. 10, no. 1, pp. 47–65, 2000.

[64] S. Goss, "Frontal Lobe Traumatic Brain Injuries and Executive Dysfunctioning by." Southern Illinois University Carbondale, Madison, 2013.

[65] W. H. Burke, a H. Zencius, M. D. Wesolowski, and F. Doubleday, "Improving executive function disorders in brain-injured clients.," *Brain Inj.*, vol. 5, no. 3, pp. 241–52, 1991.

[66] Stanford Encyclopedia of Philosophy, "Speech Acts," 2007. [Online]. Available: https://plato.stanford.edu/entries/speech-acts/.

[67] Stanford, "Protégé." [Online]. Available: http://protege.stanford.edu/.

[68] G. Coulouris, J. Dollimore, and T. Kindberg, *Distributed Systems: Concepts and Design*, vol. 4. 2012.

[69] B. Bloom, "Bloom ' s Taxonomy," *ReVision*, pp. 1–6, 2001.

[70] L. Togher, C. Wiseman-Hakes, J. Douglas, M. Stergiou-Kita, J. Ponsford, R. Teasell, M. Bayley, and L. S. Turkstra, "INCOG Recommendations for Management of Cognition Following Traumatic Brain Injury, Part IV: Cognitive Communication.," *J. Head Trauma Rehabil.*, vol. 29, no. 4, pp. 353–68, 2014.

Chapitre 5

Représentation des connaissances : modèle d'assistance préventive

5.1 Introduction

Un modèle d'assistance préventive est proposé dans ce chapitre (Figure 5.1).

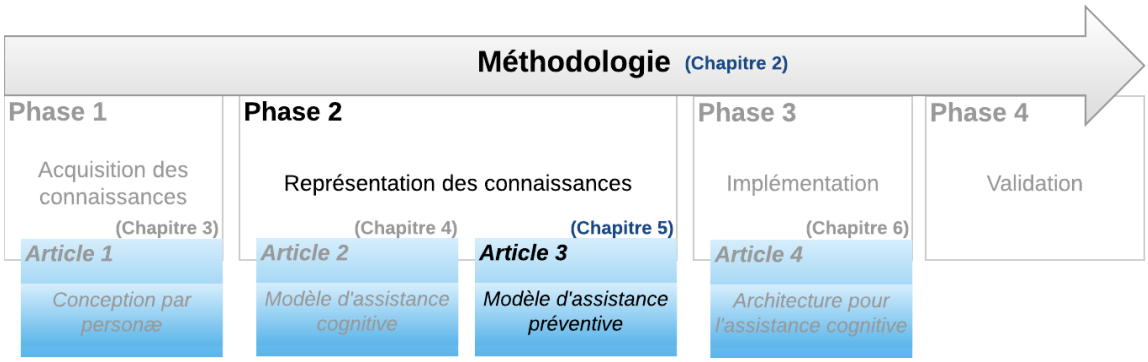


Figure 5.1 – Méthodologie suivie dans la réalisation de cette thèse (Chapitre 4).

Au début de notre projet, aucun des résidents n'avait l'autorisation de posséder une cuisinière au sein de l'appartement pour des raisons liées à leur sécurité personnelle et à la sécurité collective (autres résidents et personnel administratif). En effet, la manipulation de la cuisinière implique une surveillance permanente, car elle présente un ensemble de risques potentiels, principalement liés aux incendies. L'utilisation de la cuisinière présente aussi des risques secondaires, comme le déclenchement fréquent d'alarmes d'incendie, qui pourraient altérer significativement l'équilibre émotionnel de tous les résidents. Ces perturbations des résidents pourraient aussi occasionner des perturbations significatives dans la réalisation de leurs AIVQ.

La conception de COOK devait ainsi prendre en considération deux aspects principaux. Le premier concerne l'assistance cognitive requise pour soutenir l'autonomie des résidents dans la préparation de leurs repas (Chapitre 4). Le deuxième concerne les enjeux de sécurité associés à l'utilisation de la cuisinière par les résidents. La gestion de la sécurité des résidents lors de la préparation de repas est l'une des principales inquiétudes

des gestionnaires de cette résidence.

Un modèle d'assistance préventive est proposé dans ce chapitre afin de répondre au deuxième aspect. Ce modèle permet de :

— Formaliser le contexte de détection des situations potentielles de danger à surveiller automatiquement pendant l'utilisation de COOK.
— Structurer l'assistance préventive, suite à la détection d'une situation potentielle de danger, pour prévenir et intervenir de manière progressive et adaptée suivant le niveau d'assistance requis par les utilisateurs.

Le processus de construction de ce modèle est présenté dans l'article *" An ontology model for a context-aware preventive assistance system : reducing exposition of individuals with Traumatic Brain Injury to dangerous situations during meal preparation "* [99]. Cet article a été publié au 2nd IET International Conference on Technologies for Active and Assisted Living (TechAAL 2016).

La contribution de l'auteure (Marisnel Olivares) à cet article représente 90 % de la charge liée à la formalisation du modèle d'assistance préventive et à la rédaction de l'article.

5.2 Présentation générale de l'article

5.2.1 Objectif

L'objectif de cet article consiste à définir un modèle d'assistance préventive. L'assistance guidera le résident pour entreprendre des actions correctives lors de l'apparition de dangers potentiels pendant la réalisation d'une AIVQ. En conséquence, la conception de ce modèle cherche à engager et à guider l'utilisateur dans la réalisation des actions correctives. Ceci permettra d'éviter qu'une situation potentielle de danger ne remette en cause sa sécurité.

5.2.2 Méthodologie

La méthodologie suivie pour définir le modèle d'assistance préventive est le résultat d'un travail interdisciplinaire, entre experts de différentes disciplines de notre équipe (informaticiens, ergothérapeutes, physiothérapeutes, chercheur en psychologie de la santé, etc.). Cette méthodologie a été réalisée en deux phases :

1. La phase d'identification des situations potentielles de danger auxquelles pourrait être exposé un utilisateur pendant la réalisation d'un repas. Cette première phase a été dirigée principalement par les membres de l'équipe clinique. Elle a débuté par

une revue de littérature autour des situations de danger liées à la préparation de repas. Elle s'est poursuivie par un atelier avec la participation du département des pompiers de la ville de Sherbrooke (Canada). Elle s'est conclue par des discussions ouvertes. Ce processus a conduit à la définition de règles de sécurité à surveiller lors de la préparation de repas.

2. La phase de représentation formelle d'un modèle d'assistance préventive. Ce modèle s'appuie sur une taxonomie d'assistance préventive qui, avec sa sémantique, délimite le domaine d'application. Cette taxonomie et la sémantique associée sont utilisées pour la détection de situations potentielles de danger. Ensuite, lorsqu'une situation potentielle de danger est détectée, un arbre d'assistance préventive est généré automatiquement. Cet arbre est basé sur les préférences d'interaction de l'utilisateur qui ont été déclarées dans son profil occupationnel [30].

5.2.3 Résultats

Les résultats de cette étude correspondent à chacune des phases de la méthodologie suivie :

La phase d'identification des situations potentielles de danger

Six situations potentielles de danger à prendre en compte lors de la préparation de repas ont été identifiées (cf. Section 5 de l'article) :

— Sortir de l'appartement alors qu'il y a des aliments qui cuisent dans le four ;
— Sortir de l'appartement alors qu'il y a un plat qui chauffe sur la plaque ;
— Non-surveillance du four lors de la cuisson ;
— Non-surveillance d'un plat qui chauffe sur une plaque de la cuisinière ;
— Oublier la plaque chauffante sous tension et vide pendant quelques minutes ;
— Oublier de se laver les mains avant de commencer à cuisinier.

Chaque situation potentielle de danger a été décrite en termes de contexte à reconnaitre. Pour décrire ce contexte, nous utilisons des paramètres physiques et des seuils d'activation associés (e.g. température du four $\leq$ 400°F), des capteurs (e.g. électromagnétiques, température, mouvement), des contraintes temporelles (e.g. 15 minutes) et la priorité de traitement pour l'implémentation de la règle (e.g. 1, 2 ou 3).

La phase de représentation formelle d'un modèle d'assistance préventive

La taxonomie du modèle

La taxonomie du modèle d'assistance préventive a été implémentée en OWL 2. Cette taxonomie est caractérisée par la modélisation de trois entités principales : l'habitat intelligent, l'assistance préventive et la communication (cf. Section 6 de l'article).

— L'habitat intelligent décrit une maison à travers les pièces qui la composent. Les pièces sont des éléments essentiels de notre représentation de l'espace car elles permettent de situer où sont installés : les appareils électroménagers (cuisinière, hotte, etc.), les meubles (placards, tiroirs, etc.), les ouvrants (portes, fenêtres, etc.), les capteurs et les effecteurs. Des dispositifs permettent également de géolocaliser l'utilisateur.
— L'assistance préventive permet de décrire : l'utilisateur et son niveau d'assistance (général, intermédiaire et étape par étape), la situation potentielle de risque qui a été définie selon les critères identifiés dans la phase précédente, et l'étape d'assistance qui décrit à quel moment l'assistance sera fournie à l'utilisateur.
— La communication décrit le médium de communication (haut-parleurs, écrans tactiles, éclairage) ainsi que le type d'alerte et le contenu des messages à transmettre à l'utilisateur. Cinq types d'alertes ont été définis : jingles, pictogrammes, éclairages, messages vocaux et écrits. Le mécanisme d'alerte est inspiré de la théorie des actes de langage [92]. Ce mécanisme permet de transmettre une assistance préventive de manière graduée : d'implicite à explicite ou d'indirect à direct. L'assistance préventive est transmise en trois étapes. À chaque étape, le niveau d'intensité de l'alerte augmente.

Fonctionnalités du modèle

— Un scénario met en évidence l'utilisation du modèle proposé (cf. Section 7 de l'article). Le scénario illustre : la détection de situations potentielles de danger, l'instanciation du modèle d'assistance préventive et l'exécution de l'assistance.
— Deux profils de *personæ*, ou utilisateur type de la population TCC sévère [96], ont été utilisés, afin de démontrer le côté adaptatif du modèle. Frédéric Chauvin bénéficie d'un niveau d'assistance général et Jacques Dupont bénéficie d'un niveau étape par étape.
— L'instanciation de l'arbre d'assistance préventive est adaptée selon chaque niveau d'assistance et selon les préférences d'interaction des *personæ*.

Bilan

Nous avons constaté à quel point les résidents se frustrent lorsque le système de sécurité se déclenche et qu'ils doivent arrêter leur préparation de repas et attendre que quelqu'un vienne redémarrer leur cuisinière. À la base, les expérimentations ont montré que l'assistance préventive offerte est acceptée et bien reçue par la personne qui la reçoit. En effet, l'assistance préventive offre la possibilité à la personne de recevoir l'aide nécessaire pour détecter des situations de dangers potentiels évitant ainsi le déclenchement du système de sécurité autonome. Ce système d'assistance préventive s'est révélé très important pour le

bien-être psychologique de la personne et l'acceptabilité à plus long terme de l'assistant culinaire.

5.2.4 Article 3 : An ontology model for a context-aware preventive assistance system : reducing exposition of individuals with Traumatic Brain Injury to dangerous situations during meal preparation

An ontology model for a context-aware preventive assistance system: reducing exposition of individuals with Traumatic Brain Injury to dangerous situations during meal preparation

Marisnel Olivares[*a, b], Sylvain Giroux*[*a, c], Pierre De Loor*[*d], André Thépaut*[*b], Hélène Pigot*[*a, c, e], Stéphanie Pinard[†a, c], Carolina Bottari[†e, f], Guylaine Le Dorze[†e, g], Nathalie Bier[†f],*

[*a] *DOMUS, Département d'informatique, Université de Sherbrooke, Québec-Canada*
[*b] *Lab-STICC / Télécom Bretagne, France*
[†c] *Centre de recherche sur le vieillissement, CSSS-IUGS, 036, Canada*
[*d] *Lab-STICC / ENIB, France*
[†e] *Centre de recherche Interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain (CRIR), Canada*
[†f] *École de Réadaptation, Université de Montréal, Canada*
[†g] *École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montreal, Canada*
*{marisnel.olivares, sylvain.giroux}@usherbrooke.ca, †nathalie.bier@umontreal.ca

Keywords: Active and Assisted Living (AAL), context-awareness, ontology, Hierarchical Task Network (HTN), Traumatic Brain Injury (TBI).

Abstract

Severe traumatic brain injuries often decrease individuals' judgment and awareness. Ensuing cognitive impairments could then expose these individuals to dangerous situations. This paper presents a Preventive Assistance System (PAS) for meal preparation. PAS was designed to prevent a detected potential risk situation from progressing towards a situation that is dangerous for the user's safety. Its final aim is to avoid a drastic safety intervention by the autonomous Safety System. PAS provides preventive assistance to four out of the six potential risk situations identified by an interdisciplinary team. It relies on a model of assistance, communication, and smart homes. This model is described in a taxonomy implemented in OWL 2. The preventive assistance model is inspired from Hierarchical Task Network (HTN) and the communication model is inspired by the speech act theory. While observing the user, the generation of a preventive assistance tree is guided by the Instrumental Activities of Daily Living (IADL) being executed and the detection of potential risk situations. The preventive prompts —jingles, pictograms, voice messages, written messages…— are provided gradually, proceeding from implicit/generic to explicit/specific, until the user successfully reacts to avert the danger.

1 Introduction

Each year in Canada, around 100 000 people are victims of a Traumatic Brain Injury (TBI) [1]. TBI severity is generally rated as mild, moderate, or severe [2]. The severity influences the physical, cognitive, and emotional deficits exhibited by the person [3]. A severe TBI can cause serious cognitive impairments, such that persons would require constant assistance to perform Instrumental Activities of Daily Living (IADL) —preparing meals, shopping for groceries...—, impacting their capacity to live independently [4]. Moreover cognitive sequelae can affect their judgment and awareness, impairing their decision-making abilities [5]. Therefore, while performing IADLs, they can be exposed, or expose themselves, to dangerous situations such as fires, electrocution, burns, cuts, intoxications, and so on.

Assistive Technologies (AT) seek to improve the functioning in everyday activities of people with cognitive deficits [6]. Ideally ATs should foster autonomy while ensuring safety. Meal preparation is a key activity for keeping people at home. It favours self-esteem and helps in maintaining social participation too [7]. However meal preparation is a complex activity relying on high-level cognitive functions [8] that also entails many hazards. Hence, we designed and implemented ATs that help individuals with severe TBI resume independent and safe meal preparation in a smart home [9]. These ATs are made of three independent though intertwined systems. On the one hand, COOK guides users[1] during meal preparation. COOK also provides information and hints on safe behaviours in a kitchen. On the other hand, an autonomous Safety System (SS) ensures users' safety, primarily by switching off the stove and informing caregivers on the occurrence of precise hazardous situations. In between stands a Preventive Assistance System (PAS) whose role is to detect a potentially dangerous situation, warn the users, and assist them to avoid its evolution into a dangerous one where the SS would intervene.

This paper will focus on PAS. First, we explore related works with respect to meal preparation, safety and prevention (§2). Observing that no system is addressing context-aware personalized assistance for prevention where it is the user that has to take the remedying actions, we developed such a system, named PAS, its architecture, and its main components (§3). Then, we present the methodology (§4) followed to identify the relevant potential risk situations (§5) and to build a formal model describing assistance, communication, and

[1] Henceforth "users" will refer to individual(s) with severe TBI which are the primary users of the ATs. Caregivers are secondary users that may be involved in some operations.

smart homes (§6). We then illustrate how this model can lead to effective preventive assistance thanks to personas. Preventive assistance model is instantiated for each one after the detection of the same potential risk situation (§7). Finally, a brief conclusion discusses the contribution of our work and outlines future work (§8).

2 Related work on ATs for meal preparation, safety, and prevention

Many research efforts in AT development targeted meal preparation. For one, the ambient kitchen project studied the prompting of people in the early stage of dementia in multi-step tasks, more precisely food and drink preparation [10]. A real kitchen was replicated in a lab. The ambient kitchen prototype can be used as a design tool, an observation tool to collect data for activity recognition, and a test and evaluation tool. The ambient kitchen environment integrated data projectors, cameras, RFID tags and readers, objects mounted on accelerometers, and under-floor pressure detectors. Though very interesting, the project did not address prevention and risks. Also, some of the sensors used in the ambient kitchen may be considered as privacy-invasive [11] and many of them cannot be easily installed in a real home.

Coronato et al. (2013) used situation-awareness to detect the anomalous situations in a kitchen environment. First order logic was used to define the entities of interest in the kitchen. An alarm informs users when an anomaly is detected. Nonetheless no details are provided on the types of alarms or the content used to explain the detected anomaly [12].

Mahajan (2013) used smart sensing and prompting technologies to guide individuals with cognitive impairments in everyday kitchen tasks [13]. A network of sensors feeds activity recognition. Prompting strategies guide the user to the completion of a task. Safety is ensured during and after the use of kitchen appliances: appliances can be automatically switched off in case a safety problem arises. However prevention is not addressed: the user cannot take corrective actions by himself or herself.

These researches pinpoint still open issues and the lack of a formal model for preventive assistance in meal preparation:

- How to describe and detect anomalous and dangerous situations?
- How to manage safety issues? When and how to prompt?
- Which sensors are necessary, sufficient and acceptable?
- What should be the relation between meal preparation (multi-step kitchen tasks), assistance, safety, and prevention systems?

3 PAS: a Preventive Assistance System

Existing ATs for meal preparation have limits that preclude their deployment in real homes. One limit is the absence of preventive assistance to reduce user exposure to dangerous situations. Another is their limited capacity to personalize the assistance to the individual's specific needs. Individuals with severe TBI exhibit a wide variety and range of cognitive difficulties. Each user is unique and the cognitive support each person needs and the interaction mode each person prefers will vary from one to another. Therefore, we need a preventive assistance model that captures each user's idiosyncrasies, permits the personalization of the preventive assistance and provides context-aware assistance with respect to hazards related to meal preparation. To address these problems, we designed PAS. PAS provides personalized preventive assistance promptings [14] to the users in order to reduce their exposure to dangerous situations during meal preparation. Artificial Intelligence techniques allow adaptation of the system to the user's occupational profile [15], through a formal specification of the system elements, goals, and inference rules [16]. Hence, an occupational therapist configures the user's occupational profile and sets the user's preventive assistance model, e.g. using an external strategy, user's prompting preferences (visual or/and audio), and the prompts contents.

While the user is cooking, when necessary, PAS has to progressively provide prompts to the user about the presence of a potential risk situation that needs to be solved over a predefined time limit. To do so, context-awareness [17] helps to deliver relevant cues at the right time. PAS is composed of three subsystems: Supervision, Communication, and Assistance. Supervision deals with the recognition of potentially hazardous situations. A non-invasive sensor network installed in the user's home captures data about the user's real-time actions. The user is not required to wear any sensors. Communication manages actuators (speaker(s), screen(s), TV light(s), etc.), selecting and activating relevant ones according to the user's location and preferences to transmit prompts. Assistance, a personalized preventive assistance tree, is gradually instantiated as a response to a detected potential risk situation, the user's cognitive capacities and preferences, as previously configured in the user's occupational profile.

PAS, COOK and SS all rely on the sensor and actuator infrastructure, but the role of each is both distinct and clearly defined. The cooking assistant COOK is a cognitive orthotic designed to use ambient intelligence to provide cognitive assistance to individuals with severe TBI to perform meal preparation at home. COOK can present to the user a declarative version of the safety rules to respect. The autonomous SS is activated when the COOK assistant is launched. It monitors the user's actions in the environment. If this system detects a preconfigured situation that is dangerous for the safety of the user, then it directly reacts by disabling the electrical appliance(s) related to the detected situation. SS thus applies the rules literally. The role of PAS is to help the user to resolve the situation before SS switches everything off.

4 An interdisciplinary process

PAS could not have been developed without a true collaboration between experts of various disciplines[1],

[1] In the authors list, a † identifies researchers in health and clinical sciences (occupational therapy, speech and language pathology, neuropsychology, and physiotherapy) and a * identifies researchers

caregivers, and users. First, this interdisciplinary team identified potential risk situations that could compromise users' safety during meal preparation. A literature review started the process. Then a workshop involving the Fire Department of Sherbrooke (Canada) was organized. Finally, open discussions lead to the definition of safety rules (§5).

Second, a formal representation of the preventive assistance model was defined (§6). This model relies on preventive assistance taxonomy, and its semantics, that delineate the application domain. This taxonomy and its semantics are then used to generate a preventive assistance tree, based on the detected potential risk situation, and the user's occupational profile.

5 Identification of the potential risk situations

In PAS, potential risk situations to be monitored during meal preparation are described as a context that includes the associated parameter(s) with trigger value(s) that must be monitored, the required sensor type involved in the detection of the situation, and the time limit after which the situation is expected to become dangerous (Table 1). The Fireman and five Occupational Therapists, members of the project, validated them.

Then a priority was assigned to each situation. The priority assignment was based on three factors: 1) dangerousness; representing a real danger to the user's safety, 2) implementation technical constraints; representing our capacity to adequately recognize the situation with the available sensors installed in the user's home, and 3) personalization; representing the user's cognitive assistance needs. Therefore, in this paper, we focused on the potential risk situations labeled as priority 1. These situations are related to the use of the stove.

Situation	Parameter	Sensor type	Time limit	Priority
1. Exiting home while the oven is active	Oven temp ≤ 400 °F > 400 °F	Electromagnetic+ temperature + motion	15 minutes 0 minutes	1
2. Exiting home while a hotplate is active	Hotplate active	Electromagnetic+ temperature + motion	2 minutes	1
3. Leaving the oven without supervision	Oven temp < 300 °F ≤ 400 °F > 400 °F	Electromagnetic+ temperature + motion	60 minutes 30 minutes 10 minutes	1
4. Leaving stove hotplate without supervision	Hotplate temp ≤ medium > medium	Electromagnetic+ temperature + motion	10 minutes 2 minutes	1
5. Leaving an active hotplate(s) empty for several minutes	Hotplate temp > 0 °F	Load cell + temperature + time	2 minutes	2
6. Forgetting to wash hands before cooking	kitchen tap open	Flowmeter	5 minutes	3

TABLE 1: Potential risk situations for the meal preparation activity

These situations correspond to the rules that the Preventive Assistance System must monitor. When one of these situations is detected, the assistance model is instantiated as an assistance tree providing cognitive support for the user to help prevent that the situation reaches the time limit.

6 Formal representation of the preventive assistance model

Once risk situations were identified, we defined a formal representation of the preventive assistance. Two processes guided its design: 1) the definition of a taxonomy model and its semantics to delineate our research domain, 2) the definition of the main principles required to generate a preventive assistance tree.

6.1 Preventive assistance taxonomy

The preventive assistance taxonomy was implemented in the OWL 2 Web Ontology Language [18] using the *Protégé* editor [19]. It contains the classes and their inter-relationships and properties given the semantics of the application domain. The model contains 5 main classes: *Home*, *HomeDevice*, *Sensor*, *Actuator*, *PreventiveAssistance* which are related to other classes such as: *User*, *AssistanceLevel*, *AssistanceStep*, *Message*, *MessageType*, *Situation*, etc.

6.1.1 Modelling smart homes

First, we need to model as logical entities the different areas of the *Home* where the *User* will execute the *IADL* (meal preparation) (FIGURE 1). Space is divided into *HomeAreas*. This allows us to determine in which *HomeArea* the *HomeDevice*(s) (FIGURE 2), *Sensor*(s) (FIGURE 3), and *Actuator*(s) (FIGURE 4) are located, as well as to detect the *User* location changes during the *IADL* execution.

The preventive assistance model will for instance use this information to decide when a user is not monitoring pans on the stove. The *HomeArea* granularity allowed us to easily define and identify the sensors required to detect a potential risk situation for the user's safety. Then, it will be easier to dynamically generate a personalized preventive assistance tree (FIGURE 5) which prompts the user with the corrective action(s) to execute in order to solve a detected situation. Inferences can then be made to determine where, and which actuators to choose, to transmit the prompts for the user through multimodal interfaces [20] based on the user's current location.

6.1.2 Modelling assistance

The preventive assistance model has to describe and reason on who is the user, what are the risk situations to monitor, and how to assist when necessary. Thus the *PreventiveAssistance* class is related to the following classes:

- The *User* class represents the individual with severe TBI whom we want to assist. Actually a *User* has just one *AssistanceLevel (General*, *Intermediate* or *StepbyStep)* corresponding to his/her level of impairments;
- The *PotentialRiskSituation* class establishes the sensor values to monitor and the time interval inside which

in computer sciences. Researchers in ergonomics and designers were also involved.

preventive assistance can be provided to the *User*. When the sensor trigger values are reached, the situation becomes active. It determines the message content used to prompt the *User*;

- A message can be uttered in many different ways. If not understood by the user, it can be reformulated with more insistence. The *AssistanceStep* class represents this process, specifying, in particular, the number of interventions and variations over a determined period of time. Due to the cognitive impairments of the target population, we restricted *AssistanceStep(s)* to a maximum of 3 messages at a time.

6.1.3 Modelling communication

Finally, assistance messages and prompting have to be modelled to find concrete means of expressing them within the smart home. First, the *Message* class represents the means chosen to transmit information to the *User*. Five prompting types are proposed in our model: *Jingle*, *Voice*, *Bright*, *Pictogram*, and *Text*. A recorded voice message option is proposed as the user's attention can be enhanced when hearing a familiar voice (own voice or a significant other's voice) [21]. The *MessageType* class represents the means to provide a progressive preventive assistance to the user. It was inspired from the speech act theory [22]. Two main categories of message types were specified: *ImplicitMessageType* (*Jingle*, *Bright*, *and Pictogram*) and direct or indirect *ExplicitMessageType* (*Voice* or *Text*).

Second, a prompting mechanism was designed to progressively increase the level of guidance offered by the preventive assistance from implicit to explicit or from indirect to direct promptings over the time limit of a detected potential risk situation. For instance, "Time to monitor your cooking?" is an indirect explicit message, while "Go monitor your cooking!" is a direct explicit one. The prompting mechanism model proposes default prompting hierarchies that can be chosen according to the user's *AssistanceLevel* and the *MessageType*. Thus, a *General* or *Intermediate AssistanceLevel* can choose to provide just one isolated *ImplicitMessageType* or a sequential combination of messages starting with *IndirectExplicit* and ending with *DirectExplicit*. On the other hand, the *StepByStep AssistanceLevel* always uses *ImplicitMessageType* in combination with *DirectExplicit* ones. The use of *Jingle* prompting is proposed by default for each of the three *AssistanceSteps*. Jingles can express three alert levels: remind, risk, and danger. Each alert level is associated with a volume intensity (low, medium, and high). Indeed, the prompting mechanism is flexible and can be adapted and personalized to the user's prompting preferences stated in his/her occupational profile, e.g. only use Text or only use Pictograms for prompting.

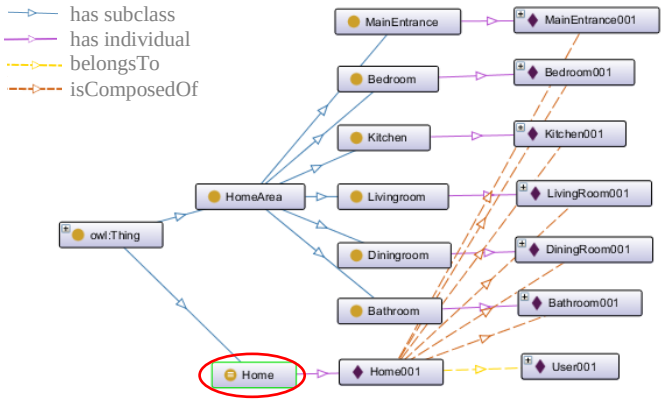


FIGURE 1: Definition of the *Home* and *HomeArea* classes in *Protégé*

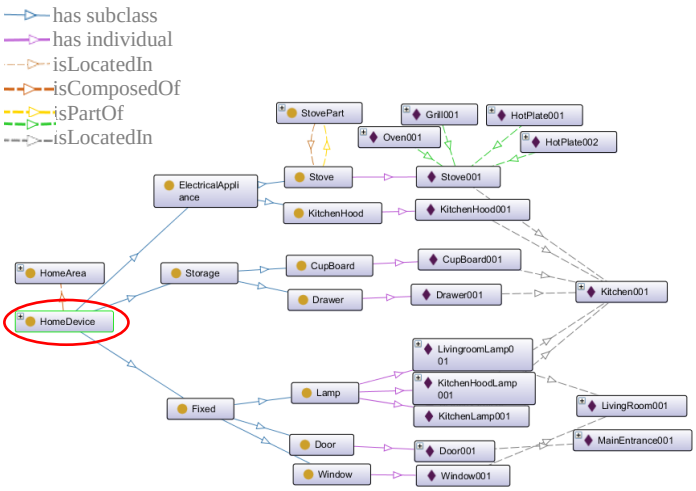


FIGURE 2: Definition of *HomeDevice* class in *Protégé*

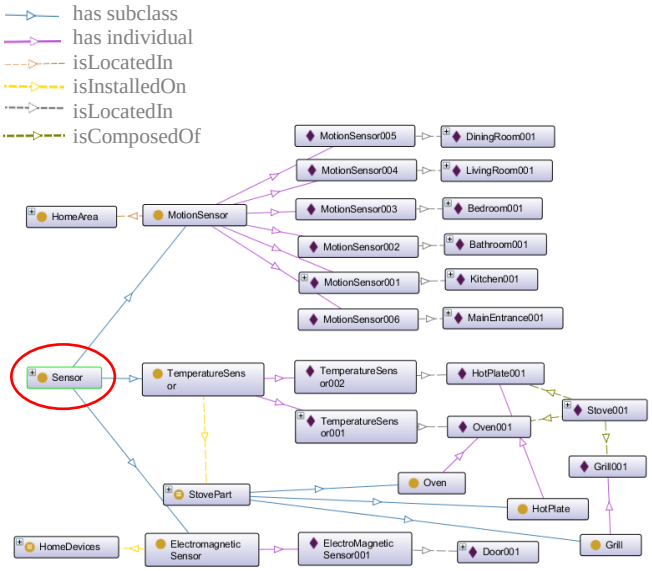


FIGURE 3: Definition of the *Sensor* class in *Protégé*

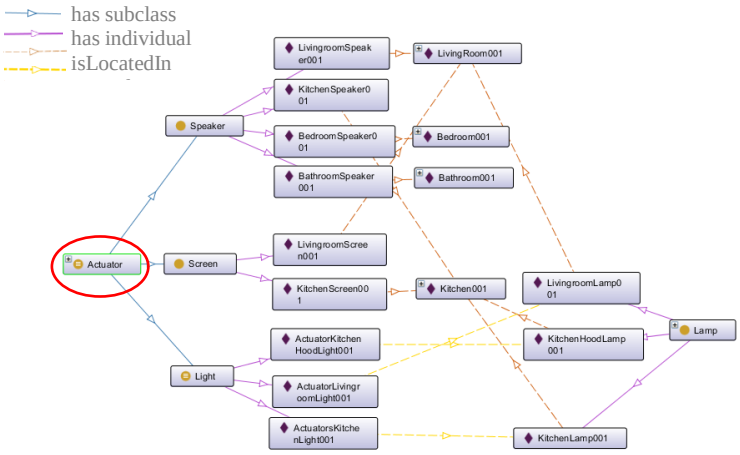


FIGURE 4: Definition of the *Actuator* class in *Protégé*

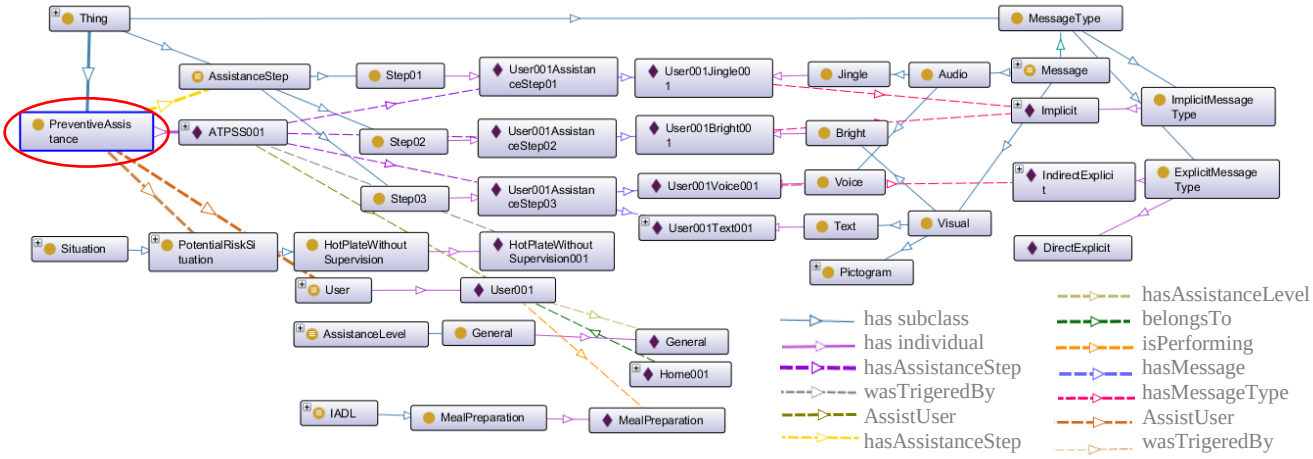


FIGURE 5: *PreventiveAssistance* class definition in *Protégé*

6.2 *Providing assistance*

PAS runs along COOK and SS. It uses information in the ontology and reasoning facilities to monitor the user and assist him/her whenever it is necessary. Its life cycle involves 5 main states: *Activating*, *Monitoring*, *Assisting*, *Stopping-assistance successful*, and *Stopping-assistance failed*.

Activating. PAS is started when COOK is launched by the user. In this state, PAS retrieves information on the user: preferred interaction mode, specific risk management... Each user has his/her own personalized set of risks to monitor and associated trigger values, e.g. how long he/she can leave the stove unattended. Once activated, it goes to *Monitoring* state.

Monitoring. In this state, PAS uses information in the ontology (risk contexts specific to the user, current situation, sensor data, user location, etc.) to recognize potential risk contexts during the user's meal preparation. Actually, a potential risk situation is detected when the sensor values resulting from the user's actions in the environment correspond with those defined in a potential risk context description (Table 1). On such detection, it goes to *Assisting* state.

Assisting. In this state, PAS first generates a preventive assistance tree describing interventions, e.g. tasks PAS should undertake, communication with the user that should take place, e.g. messages that may have to be transmitted to the user, and actions expected from the user. It is described in the form of a preventive assistance tree inspired from Hierarchical Task Networks (HTN) [16]. Preventive assistance is decomposed into tasks named "assistance steps". The current canvas is based on three steps performed sequentially. This allows assistance intervention to progress over a limited period of time along two axes of speech acts: from implicit to explicit content and from indirect to direct speech acts. Each assistance step can contain up to 3 messages that can be transmitted to the user in sequence or in parallel. Message content and type are selected with respect to the user's occupational profile abilities and preferences. Next PAS executes the HTN preventive assistance tree (FIGURE 6). There is a default preventive assistance tree made up of three assistance steps taken in sequence. If the user takes appropriate remedial actions then PAS goes to *Stopping-assistance successful* state, otherwise to state *Stopping-assistance failed*.

Stopping-assistance successful. The execution of the preventive assistance tree stops when the user's actions are the ones expected to solve the potential risk situation. PAS takes some action to log the information and goes to *Monitoring* state.

Stopping-assistance failed If the preventive assistance tree is fully executed and the user does not resolve the situation in the estimated time, then the autonomous SS intervenes and

locks the electrical appliance(s) involved in the potential risk situation. PAS intervenes notifying the situation to caregivers. COOK is also locked.

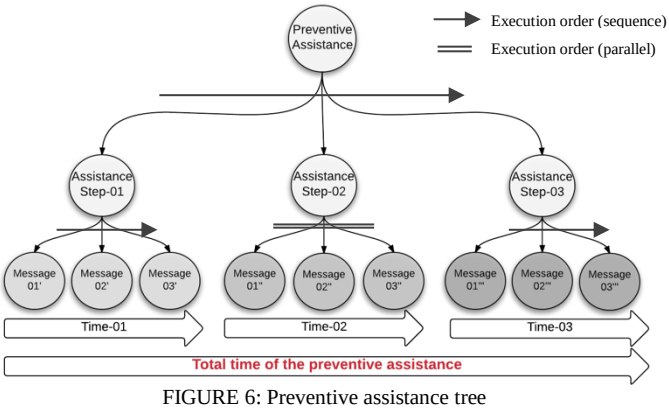


FIGURE 6: Preventive assistance tree

7 Scenario

Let's use a scenario to illustrate the functionalities of PAS: potential risk detection, preventive assistance tree instantiation, and execution. In the scenario, a user is cooking something on the stove, then he/she goes in the living room leaving the stove unattended —which is considered as potentially leading to a risk situation if left unattended for 10 minutes. PAS has to make three interventions before the user returns to the kitchen (Steps A to E in Figure 7).

To exemplify variations in assistance, this same scenario will be played involving two different personas. Each persona is a fictitious character exhibiting typical cognitive impairments and behaviors of a severe TBI population [23]. The first persona, *Frédéric Chauvin*, needs general assistance and guidance from implicit to explicit prompting. The second persona, *Jacques Dupont*, needs step by step assistance; guidance by explicit prompting. The initial state of the environment will be considered the same for the two personas. Unfolding of the scenario goes as follows (Figure 7):

Step A. Frédéric is cooking; he is using a low- temperature hotplate, and he starts to feel tired. He goes to the living room to take a rest. Thanks to the preventive assistance model, PAS is aware of the state and temperature of the hotplate as well as Frédéric's position inside the home.

Step B. Two minutes later, Frédéric is still in the living room. PAS changes the status of the potential risk situation "hotplate without supervision" to "*Active*" which can conduct to one safety rule SS could trigger after 10 minutes (rule 4 of Table 1). PAS starts an assistance intervention, by instantiating a personalized preventive assistance tree according to the potential risk situation detected and Frédéric's occupational profile (assistance level, preferred communication channel such as audio and/or visual, and his chosen sounds, voice, etc.) (Figure 7a).

Step A	Step B	Step C	Step D	Step E
≤ medium	Wait 2 minutes	Wait 2 more minutes	Wait 2 more minutes again	
Kitchen, Living room				Living room, Kitchen
	Hotplate without supervision, active			Hotplate without supervision, solved
	Assistance Step-01	Assistance Step-02	Assistance Step-03	

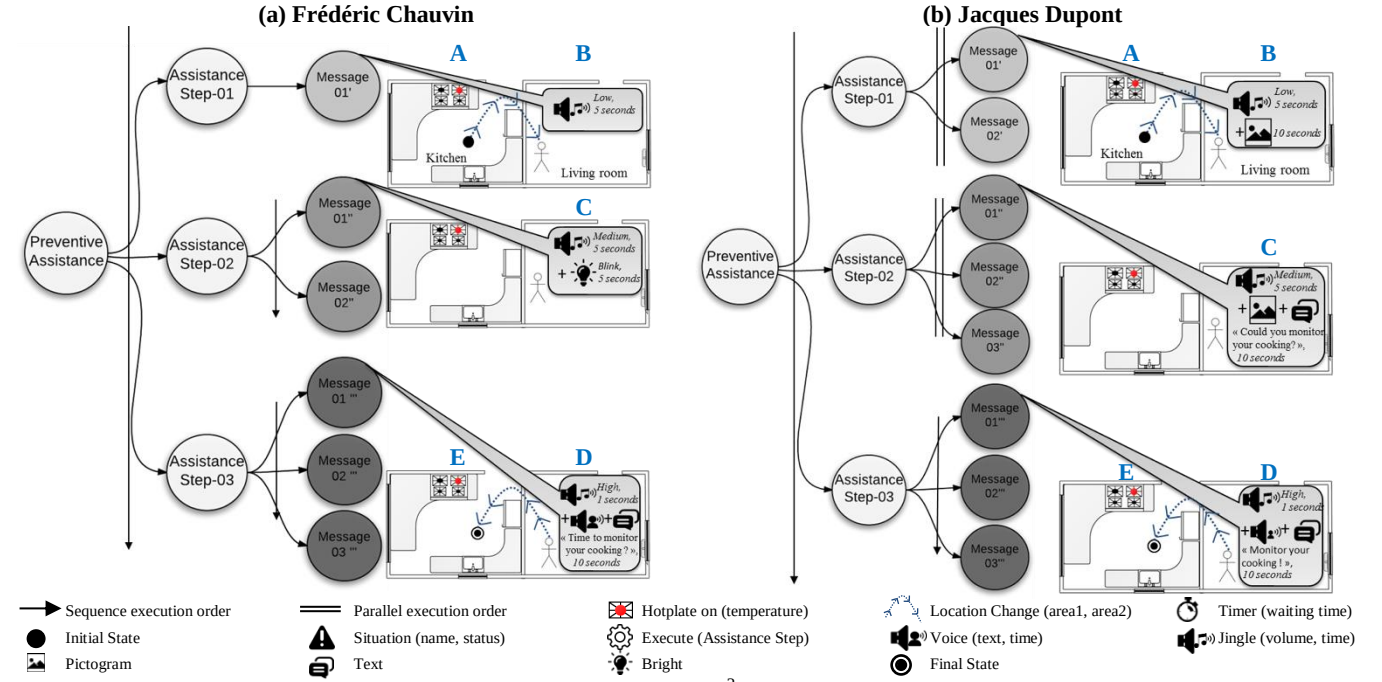


FIGURE 7: Preventive assistance model instantiation[3] for (a) Frédéric Chauvin (b) Jacques Dupont.

[3] Icons made by Madebyoliver, Freepik, Gregor Cresnar from www.flaticon.com

This preventive assistance tree is then executed using the actuators available at the user's location. The preventive assistance is executed in three sequential assistance steps (Steps B, C, D). If the remedial action is not performed by the persona in the expected period of time, then the next assistance step is executed.

The process is akin for Jacques, but PAS does not generate the same assistance tree since they have different profiles (Figure 7b). Jacques needs detailed assistance since he is more impaired. Let's see the differences in concrete assistance.

For the first intervention (Step B), after two minutes of lying on the sofa, Frédéric is prompted once: a jingle (*ImplicitMessageType*). This is an implicit message since no specific content is uttered to explain the situation. Jacques is prompted twice: a jingle (*ImplicitMessageType*) and a pictogram (*ImplicitMessageType*) emitted in parallel, giving a stronger message that something may go wrong.

For the second intervention, which is provided two minutes after the first one (Step C), Frédéric is prompted twice sequentially: a jingle (*ImplicitMessageType*) and a blinking light (*ImplicitMessageType*), the first one aims to attract his attention, the second one aims to indicate the direction to go. The message is more insisting since Frédéric did not react to the first intervention. Similarly, the "message" is also getting more emphatic for Jacques who is prompted by three messages, all played concurrently: a jingle (*ImplicitMessageType*), a pictogram (*ImplicitMessageType*), and a text message (indirect *ExplicitMessageType*).

Frédéric is still not reacting. So for the third intervention occurring two minutes after the second (Step D), Frédéric is prompted three times in sequence: a jingle (*ImplicitMessageType),* a generic voice message (indirect *ExplicitMessageType),* and a text message (indirect *ExplicitMessageType*) Similarly Jacques is also prompted three times in sequence but more firmly: a jingle (*ImplicitMessageType*), a voice (direct *ExplicitMessageType*), a text (direct *ExplicitMessageType*).

Finally, Frédéric (and Jacques) returns to the kitchen and resumes monitoring the hotplate within the expected time (Step E). Thus, the status of the detected situation changes to "*Solved*" and Frédéric continues to follow instructions from COOK until he completes the meal preparation. If the preventive assistance tree would have been fully executed and Frédéric (or Jacques) would not have performed the expected remedial actions in the expected time, caregivers would have been notified, the autonomous SS would have deactivated the stove, COOK would have been locked, PAS would have changed the status of the risk situation to "*Unsolved*", notified the detected situation to the user's caregivers, all of them waiting for a caregiver to approve unlocking of the stove and restarting them.

8 Conclusion

This paper presented a generic preventive assistance model for individuals with severe TBI. This model is adaptable to any home, IADL, and user occupational profile. Indeed, we consider that a) a Preventive Assistance System can reduce user exposition to dangerous situations during a meal preparation activity, and, b) a progressive preventive assistance using prompts such as jingles, pictograms, blinking lights, and short voice messages could spark users' awareness about possible risk situations and encourage them to realize remedial actions to solve the detected potential risk situation.

Given the lack of formal models and mechanisms enabling personalized gradual preventive assistance, our work is a first stepping-stone in this direction. Our model is the result of a true and close interdisciplinary collaboration involving various disciplines, caregivers, and users. The use of an ontology was a worthy support for exchanging with experts and clarifying the choices made. These are just first steps. There are still many issues and avenues to explore for further improvements.

The current implementation of COOK includes only static ad-hoc messages and text to prevent safety issues. This implementation can be improved by close interactions with PAS. COOK would gain 1) context-awareness that allows a real-time detection of a potential risk situation, 2) the personalization of message tailoring preventive assistance according to the user's cognitive capacities and preferences (meaningful audio or visual messages) through a configuration tool to set up the preventive assistance parameters based on the model structure, and 3) the generation of a personalized preventive assistance tree based on context-awareness and the user's occupational profile.

Besides, machine learning techniques could also be of benefit to the further development of PAS by bringing improvement and evolution capacities to the user's occupational profile preferences in order to provide to the user more efficient prompting content and strategies.

Finally, the eventual development of a priority management mechanism for potential risk situation occurrences is a must. We must take into account instances when the preventive assistance model is in execution and other potential risk situations are detected.

Acknowledgements

We gratefully acknowledge the support from the Canadian establishments: Sherbrooke Fire Department, *Centre de Réadaptation Estrie (CRE)* and its alternative housing unit.

The authors thank Catherine Laliberté, Fanny Le-Morellec and Carolann Fecteau-Mathieu for the management support provided with external and internal entities involved in this research, Pierre-Yves Groussard, Geneviève Lantier, Antoine Vella, Ferhat Abbas and Jeremy Manceaux for their contribution to the problem analysis and early development of the model, and Adrien Barton for the many discussions on ontologies.

This research was funded by the Canadian Institutes of Health Research (CIHR), Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC), the Research Centre on Aging affiliated to the *Université de Sherbrooke*, and the French *Télécom & Société numérique Carnot Institute.*

References

[1] Billette and T. Janz, "Les blessures au Canada: un aperçu des résultats de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes." Stat. Canada, 2011.

[2] C. Dumont, "L'identification des facteurs qui vont favoriser la participation sociale des adultes présentant des séquelles de Traumatisme cranio-cérébral," 2003.

[3] T. A. Novack, B. A. Bush, J. M. Meythaler, and K. Canupp, "Outcome after traumatic brain injury: Pathway analysis of contributions from premorbid, injury severity, and recovery variables," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 82, no. 3, pp. 300–305, 2001.

[4] C. Bottari, C. Dassa, C. Rainville, and E. Dutil, "A Generalizability Study of the Instrumental Activities of Daily Living Profile," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 91, no. 5, pp. 734–742, 2010.

[5] A. R. Rabinowitz and H. S. Levin, "Cognitive Sequelae of Traumatic Brain Injury," *Psychiatr. Clin. North Am.*, vol. 37, no. 1, pp. 1–11, 2014.

[6] A. M. Cook and J. M. Polgar, *Cook and Hussey's assistive technologies: principles and practice, Third Edition*. 2013.

[7] J. P. Wherton and A. F. Monk, "Technological opportunities for supporting people with dementia who are living at home," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 66, no. 8, pp. 571–586, Aug. 2008.

[8] N. Bier, C. Bottari, C. Hudon, S. Joubert, G. Paquette, and J. Macoir, "The impact of semantic dementia on everyday actions: evidence from an ecological study.," *J. Int. Neuropsychol. Soc.*, vol. 19, no. 2, pp. 162–72, Feb. 2013.

[9] S. Giroux, N. Bier, H. Pigot, B. Bouchard, A. Bouzouane, M. Levasseur, M. Couture, C. Bottari, B. Swaine, P.-Y. Therriault, K. Bouchard, F. Le Morellec, S. Pinard, S. Azzi, M. Olivares, T. Zayani, G. Le Dorze, P. De Loor, A. Thépaut, and B. Le Pévédic, "Cognitive Assistance to Meal Preparation: Design, Implementation, and Assessment in a Living Lab," *2015 AAAI Spring …*, pp. 01–25, 2015.

[10] P. Olivier, G. Xu, A. Monk, and J. Hoey, "Ambient kitchen: designing situated services using a high fidelity prototyping environment," *Proc. 2nd Int. Conf. Pervasive Technol. Relat. to Assist. Environ.*, p. 47, 2009.

[11] E. M. Tapia, S. S. Intille, and K. Larson, "Activity recognisation in Home Using Simple state changing sensors," *Pervasive Comput.*, vol. 3001, pp. 158–175, 2004.

[12] A. Coronato and G. Paragliola, "A safe kitchen for cognitive impaired people," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 8276 LNCS, pp. 17–25, 2013.

[13] H. Mahajan, "Development and Evaluation of a Smart Cueing Kitchen for Individuals with Cognitive Impairments," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 94, no. 10, pp. e1–e2, 2013.

[14] K. Tsui and H. Yanco, "Prompting devices: a survey of memory aids for task sequencing," *… Intell. Syst. Better Living, Held …*, 2010.

[15] D. Ann Amin and K. Kannenber, "Occupational Therapy Practice Framework: Domain and Process," *Am. J. Occup. Ther.*, vol. 68, no. Supplement 1, pp. S1–S48, 2014.

[16] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3rd edition*. 2009.

[17] M. Baldauf, S. Dustdar, and F. Rosenberg, "A survey on context-aware systems," *Int. J. Ad Hoc Ubiquitous Comput.*, vol. 2, no. 4, p. 263, 2007.

[18] W3C, "OWL 2 Web Ontology Language." [Online]. Available: https://www.w3.org/TR/owl2-overview/.

[19] Stanford, "Protégé." [Online]. Available: http://protege.stanford.edu/.

[20] L. M. Reeves, J.-C. Martin, M. McTear, T. Raman, K. M. Stanney, H. Su, Q. Y. Wang, J. Lai, J. a. Larson, S. Oviatt, T. S. Balaji, S. Buisine, P. Collings, P. Cohen, and B. Kraal, "Guidelines for multimodal user interface design," *Commun. ACM*, vol. 47, no. 1, p. 57, 2004.

[21] T. Hart, K. Hawkey, and J. Whyte, "Use of a portable voice organizer to remember therapy goals in traumatic brain injury rehabilitation: a within-subjects trial.," *J. Head Trauma Rehabil.*, vol. 17, no. 6, pp. 556–70, 2002.

[22] J. Searle, *Speech Acts an essay in the philosophy of Language*. Cambridge University Press, 1969.

[23] M. Olivares, H. Pigot, T. Zayani, N. Bier, C. Bottari, G. Le Dorze, B. Le Pévédic, S. Pinard, B. Swaine, P. Therriault, A. Thépaut, and S. Giroux, "Traumatic Brain Injury Persona : An Interdisciplinary Approach to Designing a Cooking Assistant," *Artic. under Rev.*, 2016.

Chapitre 6

Implémentation : Architecture pour l'assistance cognitive

6.1 Introduction

La phase d'implémentation est la troisième phase de la méthodologie suivie dans la réalisation de cette thèse (Figure 6.1). Ce chapitre porte sur la description de l'architecture logicielle pour la construction d'orthèses cognitives sensibles au contexte. L'articulation des composants de cette architecture est illustrée par COOK, qui a été implémenté en s'inspirant de l'architecture générique.

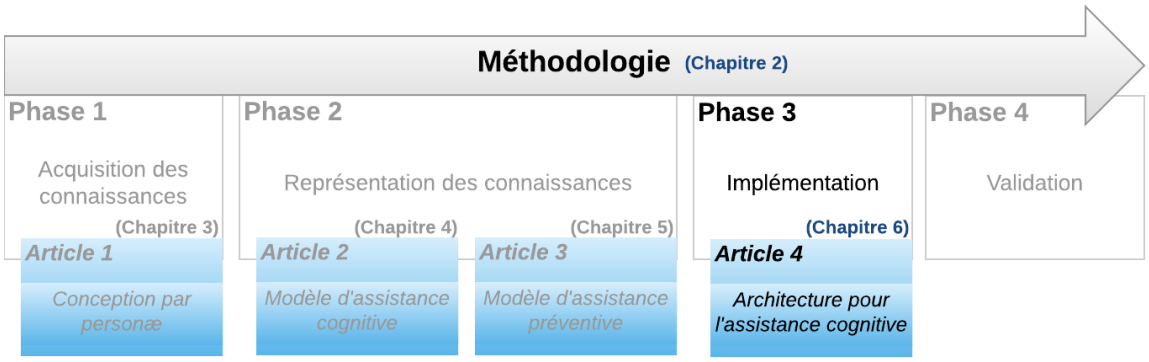


Figure 6.1 – Méthodologie suivie dans la réalisation de cette thèse (Chapitre 4).

Ce travail porte sur la description de l'architecture logicielle générique qui permet de réaliser une gestion décentralisée du processus d'assistance cognitive à travers différents sous-systèmes. Cette décentralisation permet, entre autres, une flexibilité d'implémentation des composants internes de chaque sous-système car l'échange entre les sous-systèmes est effectué à base de connaissances.

Cette architecture logicielle est présentée dans l'article *"A Generic Architecture for Ambient Cognitive Assistance to People with Traumatic Brain Injury. COOK : an implementation of the architecture for Meal Preparation"*. En date du 14 février 2017, cet article est en révision interne pour publication dans une conférence internationale avec comité de lecture.

La contribution de l'auteure (Marisnel Olivares) à cet article représente 50 % de la conception de l'architecture logicielle pour la construction d'orthèses cognitives sensibles au contexte et de la rédaction de l'article.

6.2 Présentation générale de l'article

6.2.1 Objectif

L'objectif de cet article consiste à décrire l'architecture logicielle de COOK. Cette architecture représente la première version d'une plateforme générique pour la construction d'orthèses cognitives sensibles au contexte.

6.2.2 Méthodologie

La méthodologie suivie dans cette étude consiste en deux phases :

— Pendant la phase 1, nous avons identifié les principaux composants de l'architecture logicielle et défini leurs rôles. Ensuite, nous avons choisi le style de l'architecture ainsi que les technologies d'implémentation.

— Pendant la phase 2, nous avons défini le comportement global d'une orthèse cognitive qui serait bât sur cette architecture.

6.3 Résultats

Les résultats de cette étude correspondent à chacune des deux phases de la méthodologie suivie :

Lors de la première phase, quatre composants principaux ont été identifiés :

— Le sous-système de Communication gère la communication entre l'orthèse et l'utilisateur à travers divers interfaces et effecteurs tels que des écrans, des dispositifs de reconnaissance vocale et gestuelle, des enceintes, des éclairages personnalisés, etc.

— Le sous-système d'Assistance prend en charge la gestion de l'assistance cognitive. Il génère dynamiquement un arbre qui décrit le processus d'assistance complet. Cet arbre décrit également les interactions entre les sous-systèmes.

— Le sous-système de Gestion du Contexte est responsable de la gestion des données. Les données de configuration, pour l'assistance à un utilisateur déterminé, sont initialisées par un ergothérapeute. Les données de suivi de la réalisation d'une Activité Instrumentale de la Vie Quotidienne (AIVQ) sont également stockées dans ce sous-système.

— Le sous-système de Supervision prend en charge la reconnaissance d'activités grâce aux capteurs répartis dans l'habitat. Il reconnait les erreurs commises par un utilisateur pendant la réalisation d'une AIVQ.

En accord avec le responsable du laboratoire Domus, nous avons choisi un style architectural multicouche pour faciliter l'intégration de notre orthèse cognitive au sein de la résidence alternative.

Lors de la seconde phase, nous avons illustré un cycle complet d'interactions, pendant l'assistance, entre l'utilisateur et les différents composants de l'orthèse cognitive. Le rôle de chaque sous-système est mis en évidence à chaque étape du processus d'assistance.

Finalement, un protocole de communication à base de connaissances a été établi entre les sous-systèmes de l'orthèse.

6.4 Article 4 : A Generic Architecture for Ambient Cognitive Assistance to People with Traumatic Brain Injury. COOK : an implementation of the architecture for Meal Preparation

A Generic Architecture for Ambient Cognitive Assistance to People with Traumatic Brain Injury

COOK: an implementation of the architecture for Meal Preparation

Marisnel Olivares [a, b], Sylvain Giroux [a, c], Pierre De Loor [f], Carolina Bottari [d, e], André Thépaut [b], Brigitte Le Pevedic [g], Hélène Pigot [a, c, e], Stéphanie Pinard [a, c], Guylaine Le Dorze [e, h], Nathalie Bier [d]

[a] *DOMUS, Département d'informatique, Université de Sherbrooke, 2500, boul. de l'Université, Sherbrooke, J1K 2R1, Canada*
[b] *Lab-STICC / IT – Télécom Bretagne, 655 Avenue du Technopole, Brest 29200, France*
[c] Centre de recherche sur le vieillissement, CSSS-IUGS, 036, Canada
[d] École de Réadaptation, Université de Montréal, Canada
[e] Centre de recherche Interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain (CRIR), Canada
[f] Lab-STICC / ENIB, France
[g] Lab-STICC / IUT de Vannes, Université de Bretagne-Sud, 8 Rue Michel de Montaigne 56000, France
[h] École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montreal, Canada

Abstract—

Keywords-component; formatting; style; styling; insert (Ambient Assisted Living; Context-aware; Software architecture; assistive technology; Distributed system.).

I. INTRODUCTION

The Cognitive Orthosis for coOKing (COOK) is an assistive technology aimed to provide cognitive support to individuals with severe Traumatic Brain Injury (TBI) towards independent and safe meal preparation in a smart home [1]. COOK is the first implementation of a generic Architecture for ambient cognitive assistance to people with TBI.

The COOK project is developed by an interdisciplinary team formed by two sub-teams, one specializing in clinical research, and the other one specializing in computer science research.

COOK provides the following services:

1. Personalization: configuration tool allowing Occupational Therapists to describe a) user's problems and concerns or occupational profile[2]; b) the sequence of cognitive interventions or intervention plan [2] required by a user to accomplish meal preparation.
2. Adaptation: dynamic generation of assistance tree based on the user's occupational profile. This assistance tree represents the implementation of an intervention plan. That is to say, the sequence of evidence-based interventions the user will follow to support his or her cognitive needs through meal preparation.
3. Security: a configuration tool allowing Occupational Therapist to determine under which situations COOK must take control to ensure user security during meal preparation. This information is used by two different system a) The Preventive Assistance System [3] which provide assistance to the user to avoid that detected potential risk situations progress towards a dangerous one for the user's safety and b) the Autonomous Safety System which will deactivated electronical appliances related to the detected situation.

Therefore, the integration of this wide variety of services makes COOK a complex system that requires the use of different computer science areas of specialization such as activity recognition, Human-Computer Interaction (HCI) and artificial intelligence.

As each subsystem deals with a different type of information the granularity of the data represented by each subsystem is as well different; this is due to the specificity of each subsystem roles. To ensure optimal communication and collaboration among these subsystems towards reach COOK objective, an optimal interaction protocol must be implemented.

The objective of this paper is to describe the COOK software architecture and behavior as well as the selected technologies for its implementation. Thus, COOK's subsystem work independently and manages interaction thought high-level message exchanges.

Research efforts address system interoperability among heterogeneous sources seeking to reduce the impact produced by system structural changes of component (addition, deletion, and modification) or data translation and processing. The use of knowledge interchanges rather than simple data since to be a solution to deal with system interoperability. Thus, several formal languages for knowledge interchange were created such as the Knowledge Interchange Format (KIF) [4] and Knowledge Query and Manipulation Language (KQML) [5]. Preece et al. (2000) designed the Knowledge Reuse And Fusion/Transformation (KRAFT) use of constraints as a common knowledge interchange format. KRAFT transforms the local source knowledge into constraint language and fused with knowledge from other sources. This knowledge fusion is then used to solve some problem or deliver some information to a user. KRAFT agents communicate through

a messaging protocol. [6]. Moulton et al. (2001) worked in knowledge representation architecture to support context interchange mediation. This architecture includes a data model, subject domain ontologies, and context model [7]. Yu and Zhou (2013) designed task-oriented architecture for space robot application consisting of task description; a knowledge interchange mechanism was created based on KIF and Open Knowledge Base Connectivity (OKBC) allowing that information transmitted by different knowledge base can be comprehensible. [8].

As COOK's is composed of different subsystems that work independently and we want to preserve subsystem's interoperability and modularity. This subsystem interaction managed by COOK is done through high-level message exchange. That is to say, their interaction is based on knowledge exchange.

This paper is organized as follows: Section II explains the method followed to design and implement COOK's architecture. Section III exposes the architecture and behavior of COOK. Section IV presents the conclusion and future work emerging from this research.

II. METHOD

The method followed in this study included two main phases:

- Phase A: consisted in defined the Architecture of the COOK system. This required 1) the selection of the software architecture style which satisfies the specification of the system, and 2) the selection of the technologies to implement the designed architecture.
- Phase B: consisted in defining a generic behavior of the COOK system. This required the analysis of divers use cases based on different profiles of end users, which determines the interaction flow with the user.

III. RESULTS

The results are presented below according to the two phases of our method.

A. *Architecture of the COOK system*

The software architecture of COOK system provides a general overview of its structure and organization. Thus, COOK system was decomposed in four subsystems to deal with these aspects (Figure 1). This decomposition allowed proceeding with the role specification of each subsystem:

1. Communication Subsystem is responsible for the interaction with the user. This subsystem will interacts with the user through a range of devices, such as touch screen monitors, voice recognition devices, gesture recognition devices, speakers, lights, etc. As these devices are not available everywhere this subsystem will use only the ones available in user's location.
2. Assistance Subsystem is responsible for the dynamical generation of an assistance tree. This assistance tree will conduct the whole assistance process and represent the interaction mean among all COOK's subsystems. It is generated based on the user's profile, data usage history, and chosen recipe. The Assistance subsystem is also responsible for the generation of error tree which is created when errors are detected. Moreover, the Assistance subsystem is responsible for the monitoring of the execution of these trees.
3. Context subsystem is responsible for the storage of COOK's configuration performed by the Occupational Teraphish (OT). For instance, Occupational profile, interventation plan, etc. Besides, it also records user's performance during meal preparation such as action completion or error detection. Through the information storage in the Context subsystem the OT can have a global overview of user's performance after the completion of the activity. This is used by the OT to evaluate user progress.
4. Supervision Subsystem is responsible for activity and error recognition during the execution of meal preparation. The supervision system uses a non-invasive sensor network installed inside the smart home. The sensor types are: electromagnetic, motion, temperature, etc.

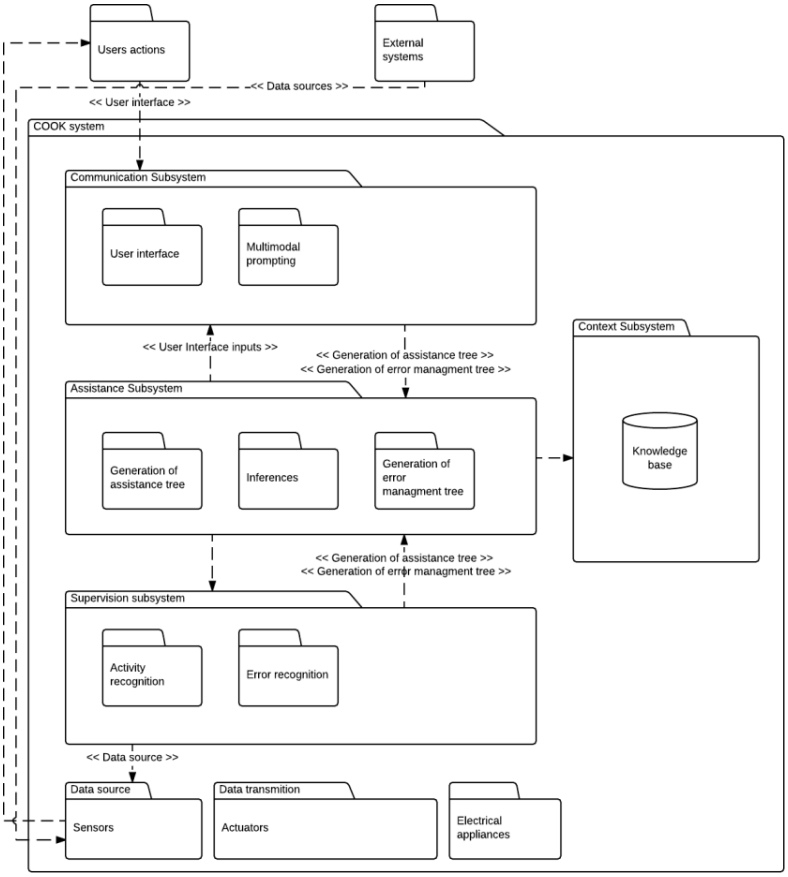


Figure 1 Software architecture of COOK system

Due to the COOK's structure and organization in subsystems and to previous work conducted by our team, it was designed as a context-aware application [9], structured over a multilayered architecture [10] and implemented as a distributed system [11] using REST Web services [11] where COOK's subsystems exchange information through messages in JavaScript Object Notation (JSON) format .

B. Behavior of the COOK system

The behavior of the COOK system is based on four elements: a start trigger, the type of interactions, the sequence of messages, the type and content of the messages, and a final state.

Start trigger can be 1) the user explicitly requests COOK assistance by launching the COOK system, and 2) COOK proposes to assist the user as a result of a reasoning process. This reasoning process is based on the analysis of different parameters such as meal schedule, last registered eating time, etc. From this event, COOK will assist the user using the assistance tree.

Type of interactions: indicates the entities interacting in the assistance process. Interactions can be external or internal. The external interaction represents the interaction between COOK and the User. While internal interaction represents interaction among the COOK's subsystems.

Sequence of messages: represents when interactions take place and the expected time ordering of message under normal condition; that is to say, in case that the user follows accurately the assistance provided by COOK

Type and content of the message: represents the elements determining the type and content of information to transmit. It depends on the type of interaction. For external interaction: **user request** (initiate or end the assistance, external interventions such as take a break, etc.). For internal interaction: **creation or update of models** (an assistance tree structure is dynamically created according to the selected recipe, user profile, etc. or a tree error structure is dynamically created as a response to an error detected during the assistance tree execution), **node status** (a tree node identifier and its associated status such as: *in execution*, *abandon*, *idle*, *completed*, etc.). The whole internal interaction among the COOK's subsystems is based on the assistance tree structure. The Dialog among the subsystem was modeled under the inspiration of the speech act theory [12]. This allows each subsystem the identification of the expected actions to perform when a tree node is executed. For example, when in a tree node, the Communication subsystem requires to the user pre-heat the oven. As this action requires the use of an electrical appliance, the model indicates that this action requires a

Supervision subsystem confirmation to make sure that the action was performed.

Final trigger: indicates who end interaction. 1) the user indicates at the end of assistance process that he or her has completed the meal preparation through a HCI. This information is analyzed by the Assistance subsystem which determines the validity of the user declaration based on the actions performed through the whole assistance process. If the Assistance subsystem determines that the user has completed the activity, then the assistance is over, else it will propose assistance to the user to support the activity completion, 2) COOK considers that the meal preparation is completed based on reasoning and notifies the user to verify the completeness of meal preparation. This is done because one of the deficits of TBI is the incapacity to determine the end of one action. This incapacity is known as perseveration behavior.

Figure 2 illustrates the overall behavior of COOK system when the user initiates and end the interaction with COOK.

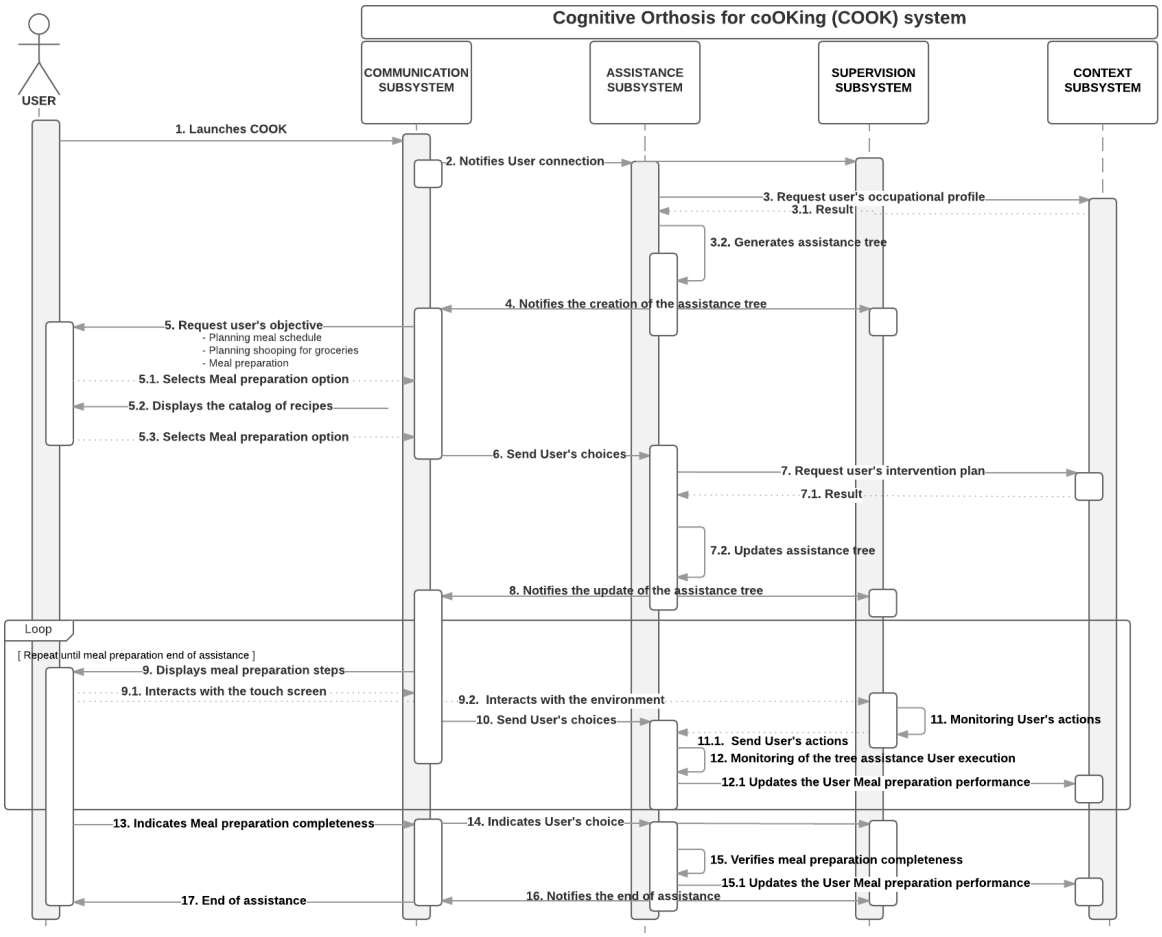


Figure 2: Interaction flow between when the user initiates and end the interaction with COOK

The behavior of the COOK system can be separated in two different steps:

1) The user requests the cognitive support of COOK using an HCI managed by the Communication subsystem. The Communication subsystem notifies this event to the Assistance and Supervision subsystems. The Assistance subsystem generates an assistance tree based on the user profile retrieved from a knowledge base stored in the Context subsystem. The Communication Subsystem uses the generated tree to interact with the user through an HCI. The user interacts with HCI. These interactions represent the inputs to update the assistance tree which represents the communication language used by the tree subsystems to provide cognitive assistance to the user and to keep track of his or her meal preparation activity.

2) The Communication subsystem displays the assistance to the user. The user can respond either by interacting with an HCI or by performing directly some actions in the environment such as picking up the milk from the fridge. This type of interaction is detected by the Supervision

subsystem. Thus, all user interactions are informed to the Assistance subsystem which updates the progress of the activity in a knowledge base. This process is repeated until the activity is completed and validated by the Assistance subsystem.

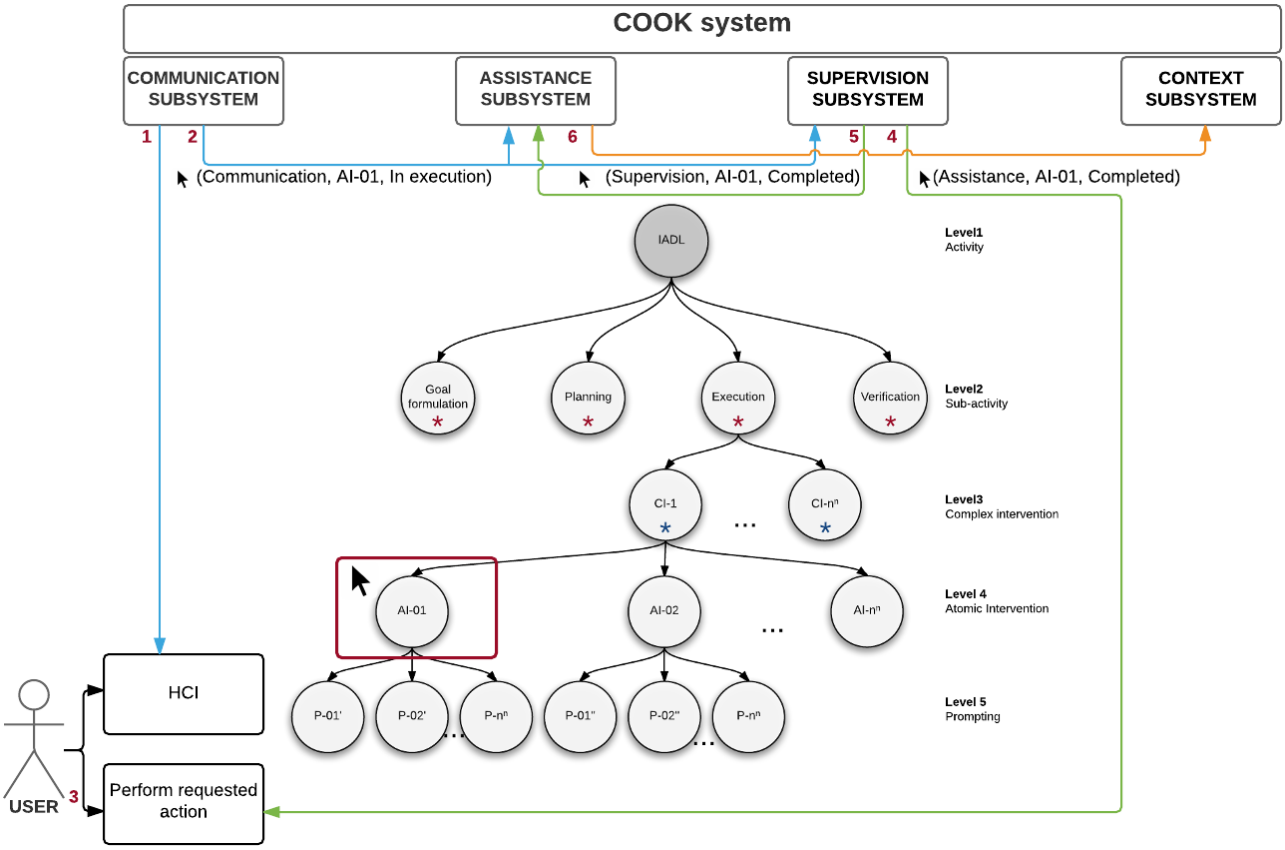


Figure 3

IV. Conclusion and Future Work

This paper presented the design process followed to define the software architecture and behavior of COOK distributed system. COOK was decomposed in four subsystems which collaborate to provide cognitive assistance to individuals with TBI during meal preparation.

The interaction among the COOK's subsystem are performed according to their respective roles. This interaction starts when the Assistance subsystem instantiates the assistance model by generating a cognitive assistance tree, which will conduct the whole assistance process through the interactions the subsystem's. For instance, the Communication subsystem will notify to the other subsystems when it displays in an HCI the information encapsulated on a tree node using the following parameters: sender, assistance tree identifier, node identifier and the status of the node *(assistance_tree_ 001, node_001, "in execution");* this means that the Communication subsystem has displayed the cognitive intervention contained in the node_001.

The advantages of the design of COOK's behavior are:

- Each subsystem has a defined role according with its computer science areas of specialization. However, subsystem interactions are based on knowledge exchange.
- Subsystems implementations are independent and isolated of interaction. This allows subsystem adaptation to software evolution or structural changes without having impact whit the interaction with other subsystems.

COOK architecture has been partially implemented in a smart housing facility dedicated to support people with TBI. This architecture represents the foundation of the ongoing development of four subsystems (Figure 4).

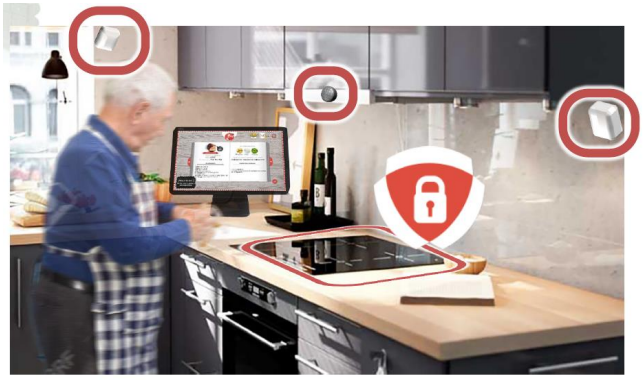


Figure 4. COOK deployed in a smart housing facility

REFERENCES

[1] S. Giroux, N. Bier, H. Pigot, B. Bouchard, A. Bouzouane, M. Levasseur, M. Couture, C. Bottari, B. Swaine, P.-Y. Therriault, K. Bouchard, F. Le Morellec, S. Pinard, S. Azzi, M. Olivares, T. Zayani, G. Le Dorze, P. De Loor, A. Thépaut, and B. Le Pévédic, "Cognitive Assistance to Meal Preparation: Design, Implementation, and Assessment in a Living Lab," *2015 AAAI Spring ...*, pp. 01–25, 2015.

[2] O. T. Practice, "FRAMEWORK : Domain & Process," vol. 68, 2014.

[3] M. Olivares, S. Giroux, P. De Loor, A. Thépaut, and H. Pigot, "An ontology model for a context-aware preventive assistance system : reducing exposition of individuals with Traumatic Brain Injury to dangerous situation during meal preparation," in *Article under review*, 2016, pp. 1–7.

[4] M. R. Genesereth and R. E. Fikes, "Knowledge Interchange Format, Version 3.0 Reference Manual," *Interchange*, no. Logic-92-1, pp. 1–68, 1992.

[5] T. Finin, Y. Labrou, and J. Mayfield, "KQML as an agent communication language," *Softw. Agents. MIT Press. Cambridge*, vol. 239, 1995.

[6] A. Preece, K. Hui, A. Gray, P. Marti, T. Bench-Capon, D. Jones, and Z. Cui, "KRAFT architecture for knowledge fusion and transformation," *Knowledge-Based Syst.*, vol. 13, no. 2, pp. 113–120, 2000.

[7] A. Moulton, S. E. Madnick, and M. D. Siegel, "Knowledge representation architecture for context interchange mediation: Fixed income securities investment examples," *Proc. - Int. Work. Database Expert Syst. Appl. DEXA*, vol. 2001–Janua, pp. 50–54, 2001.

[8] C. Yu and W. Zhou, "Knowledge Interchange in Task-Oriented Architecture for Space Robot Application," vol. 11, no. 4, pp. 1857–1867, 2013.

[9] M. Baldauf, S. Dustdar, and F. Rosenberg, "A survey on context-aware systems," *Int. J. Ad Hoc Ubiquitous Comput.*, vol. 2, no. 4, p. 263, 2007.

[10] D. Garlan and M. Shaw, "An Introduction to Software Architecture," *Knowl. Creat. Diffus. Util.*, vol. 1, no. January, pp. 1–40, 1994.

[11] G. Coulouris, J. Dollimore, and T. Kindberg, *Distributed Systems: Concepts and Design*, vol. 4. 2012.

[12] J. Searle, *Speech Acts an essay in the philosophy of Language*. Cambridge University Press, 1969.

Conclusion

Cette thèse porte sur la réalisation d'une orthèse cognitive pour soutenir la réalisation des Activités Instrumentales de la Vie Quotidienne (AIVQ) des personnes atteintes d'un traumatisme cranio-cérébral (TCC). Nous terminons ce manuscrit par une synthèse de nos contributions, un résumé des limites des résultats obtenus et les perspectives réalisables à moyen et long terme.

Contributions

Les contributions principales de ce travail de recherche sont résumées ci-après :

Nous avons commencé ce travail par la création de personnages fictifs ou *personæ* qui représentent la population TCC. Notre objectif était de mettre les besoins des utilisateurs au centre de la conception logicielle de l'orthèse. En effet, ces personæ ont été créées par des informaticiens à partir de données récoltées de la littérature. Elles ont été ensuite validées par des ergothérapeutes. Ces *personæ* ont été dotées de plusieurs déficits cognitifs qui se traduisent par divers comportements, ainsi que par une personnalité qui leur est propre. La création de personnages fictifs a permis, dans un premier temps, le regroupement d'un ensemble de traits caractéristiques de la population TCC. Ce regroupement a permis de partager connaissances et vocabulaire en accord avec la terminologie utilisée en ergothérapie. Dans un second temps, la création de scénarios mettant en jeu les *personæ* dans une situation de préparation de repas a permis de définir les fonctionnalités d'une orthèse cognitive fictive. Les *personæ* et les scénarios créés ont été validés par une équipe clinique interne et une équipe clinique externe au projet. Cette validation a déterminé la vraisemblance du profil de *personæ* en se rapprochant du profil de personnes fréquemment suivies par ces professionnels dans le milieu clinique.

Ensuite, nous avons poursuivi cette étude par notre contribution principale : la formalisation de modèles. Plus précisément, nous avons proposé trois modèles génériques, personnalisables et sensibles au contexte. Ces modèles servent de soutien à la configuration, à l'exécution, au suivi de réalisation et à l'analyse de l'assistance par des orthèses cognitives.

Le premier modèle représente l'articulation des différents composants requis pour la gestion du processus de réadaptation cognitive. Il formalise les étapes de la prise en charge d'une *personæ* par un service d'ergothérapie, ainsi que l'articulation entre les composants

requis pour la gestion du processus d'adaptation cognitive au sein du domicile. Ce modèle est nommé ***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive***.

Le second modèle est une vue détaillée du composant « ***Plan d'Intervention*** » du premier modèle. Il vise l'assistance pour soutenir les fonctions cognitives des personnes atteintes d'un TCC sévère pendant la réalisation d'une AIVQ. Il se concentre sur le processus de réadaptation cognitive pratiqué en ergothérapie, processus qui repose sur l'utilisation d'interventions cognitives fondées sur des données validées par la pratique clinique. Ce soutien cognitif est matérialisé par un plan d'intervention, qui décrit les stratégies cognitives requises par une personne pour accomplir une AIVQ.

Le troisième modèle est une vue détaillée du composant « *Assistance Préventive* » du premier modèle. Il vise la prévention des situations potentielles de danger lors de la réalisation des AIVQ. Ce modèle formalise le contexte de détection des situations potentielles de danger à surveiller automatiquement pendant l'utilisation de l'orthèse cognitive. Lors de l'apparition de danger potentiel pendant la réalisation d'une AIVQ, cette assistance guide le résident de manière progressive et adaptée à son profil. Ainsi, l'assistance suggèrera au résident de réaliser des actions correctives pour éviter que la situation ne devienne dangereuse pour sa sécurité.

Ces trois modèles ont été conçus pour être configurés par un ergothérapeute. Par la suite, l'orthèse cognitive prendra en charge la gestion du processus d'assistance cognitive de la personne pour la réalisation d'AIVQ. Ceci permettra d'augmenter l'autonomie de la personne dans la réalisation des AIVQ tout en veillant à sa sécurité. Elle pourra en même temps donner une continuité au processus de réadaptation cognitive au sein du domicile.

Nous avons finalisé ce travail de recherche par la définition d'une architecture générique des technologies d'assistance ou d'orthèses cognitives sensibles au contexte. Il s'agit d'une architecture multicouche, plus précisément constituée de quatre couches. Chacune des couches représente un sous-système indépendant (Assistance, Gestion du Contexte, Supervision et Communication). Le rôle et les interactions entre chaque sous-système ont été définis. La contribution principale de cette architecture repose sur le fait que la communication entre les sous-systèmes est réalisée par un échange de messages à base de connaissances, messages qui sont issus de l'instanciation des modèles. La sécurité des utilisateurs pendant la réalisation des AIVQ a été également abordée dans l'architecture. Cet aspect est géré de manière indépendante par deux systèmes externes : le système autonome de sécurité et le système d'assistance préventive.

Ainsi, une orthèse cognitive (non fictive), appelée *Cognitive Orthosis for coOKing*

(COOK), a été semi automatiquement implémentée au sein de la résidence alternative à Sherbrooke (Canada). Cette orthèse est une instance des modèles proposés dans ce travail de recherche. COOK est le fruit d'un travail interdisciplinaire qui a impliqué également la participation des utilisateurs en conception participative. L'implantation clinique pour l'utilisation de COOK se fait de manière progressive par le biais de sessions d'apprentissage. en date du 14 février 2017, un premier résident est capable de préparer, de manière autonome, au moins trois repas par semaine. Le second est en période d'apprentissage d'utilisation de COOK et le troisième participe à des sessions de conception participative de l'orthèse qui sera personnalisée pour lui.

Limites du travail

Les aspects à considérer lors de la conception des modèles sont nombreux. Ce travail présente donc des limites qu'il est utile d'identifier.

La *personæ* présentée dans l'article 1 représente les principaux traits caractéristiques de la population TCC sévère. Étant donné, qu'il y a des déficits cognitifs de cette population qui ne sont pas inclus dans la *personæ*, ils ne pourront pas être assistés par notre orthèse cognitive. En ce sens, un composant, qui permettrait l'intégration d'assistance pour soutenir des cas atypiques, devrait être conçu.

L'implémentation de modèles proposés dans les articles 2 et 3 (chapitres 4 et 5) a été réalisée en COOK, de manière semi-automatique et partielle, en raison de contraintes de temps. Néanmoins, elle a permis de réaliser des preuves de concept avec des utilisateurs réels dans leur milieu de vie. Le terme semi-automatique indique que les modèles ont été codés « en dur » en respectant les principes des modèles, puis instanciés pour chaque résident. L'intégration des modèles OWL 2 en COOK permettra d'exploiter les données issues de l'interaction entre COOK et l'utilisateur en temps réel. Cette intégration permettra également de réaliser la gestion d'une assistance dynamique qui évolue au fil du temps grâce aux mécanismes d'inférence.

Les modèles ont été conçus pour assister l'utilisateur avec l'hypothèse qu'il se trouve seul dans son domicile et qu'il ne réalise qu'une seule AIVQ. Or, la gestion de multiples utilisateurs au sein du domicile et la réalisation d'AIVQ en parallèle permettraient de traiter des situations fréquentes de la vie quotidienne. C'est pourquoi la gestion multi-utilisateurs et l'assistance à plusieurs AIVQ réalisées en parallèle devraient être incluses dans ces modèles.

Les situations potentielles de danger lors de la préparation des repas sont nombreuses.

Cependant, dans l'article 3, nous avons présenté des situations qu'on retrouve fréquemment lors de l'utilisation de la cuisinière. En conséquence, le nombre des situations à reconnaitre devrait augmenter. On pourrait prendre en compte, par exemple, des situations à risque comme l'intoxication pour des allergies aux ingrédients utilisés dans un repas, etc. De plus, les aspects de fiabilité de situations détectées doivent être investigués pour offrir une assistance adéquate, la gestion de priorité d'assistance entre diverses situations détectées n'a pas non plus été incluse dans le modèle.

La conception de l'architecture de l'orthèse intègre une communication à base de connaissances entre les sous-systèmes qui composent l'orthèse. Cependant, dans l'article 4 cette notion n'a pas été totalement développée. Il reste encore à définir le format d'échange des messages entre les sous-systèmes.

Travaux futurs de recherche

Les prolongements de cette recherche sont multiples. Nos travaux établissent les fondations pour le développement de technologies générique d'assistance pour soutenir les déficits cognitifs des personnes atteintes de TCC dans la réalisation des AIVQ.

Actuellement, COOK implémente seulement deux composants du ***modèle pour la gestion dynamique de la réadaptation cognitive*** (Chapitre 4) : l'assistance cognitive et l'assistance préventive. L'assistance cognitive est matérialisée par le composant « *Plan d'Intervention* » et l'assistance préventive est matérialisée par le composant « *Assistance Préventive* ».

La génération complètement automatique de l'arbre d'assistance cognitive constitue la prochaine étape d'implémentation. Cette génération automatique utilisera le mécanisme d'estompage pour faire évoluer l'assistance selon les progrès de l'utilisateur. La suite de ce travail consiste à implémenter les autres composants du modèle, ainsi que ses fonctionnalités. Ceci permettra de réaliser la configuration, l'exécution le suivi et l'analyse de la réalisation de l'AIVQ en temps réel, afin d'offrir une assistance cognitive plus raffinée. Ce travail sera réalisé notamment par la définition de règles d'inférence, qui prendront en compte des données contextuelles. Ceci se traduira par la génération automatique de l'arbre d'assistance cognitive et préventive. Le prolongement de l'assistance à l'extérieur du domicile devrait également être pris en compte.

Perspectives

Plusieurs facteurs peuvent altérer l'exécution de l'assistance cognitive (plan d'intervention) définie pour un utilisateur pendant la réalisation d'une AIVQ. Parmi ces facteurs, nous avons identifié les interruptions, telles que le fait qu'une personne frappe à la porte, que le téléphone sonne, qu'une notification électronique arrive, etc. Des facteurs plus personnels, comme la compression de consignes, la fatigue physique ou mentale, ou bien la frustration, devront également être pris en compte.

À plus long terme, nous envisageons la création de deux mécanismes pour rendre plus robuste l'assistance proposée dans notre travail de recherche. Le premier prendra en charge la gestion des erreurs commises par l'utilisateur lors de la réalisation de l'AIVQ. Ainsi, une assistance progressive pour la résolution de l'erreur sera mise en place. Cette assistance sera inspirée par la théorie des actes de langage [92] qui permet d'intégrer les forces illocutoires dans le guidage. Si l'assistance proposée n'est pas suffisante pour aider l'utilisateur à résoudre une erreur, le deuxième mécanisme sera activé. Ce mécanisme intègrera la notion de métastratégies au modèle. Il prendra en charge la sélection d'une nouvelle intervention cognitive adaptée, au profil de l'utilisateur pour le soutenir dans sa résolution de l'erreur détectée. Pour cela, nous envisageons d'utiliser des algorithmes d'apprentissage évaluant l'efficacité de certaines stratégies afin de les renforcer. Ensuite, l'utilisateur pourra poursuivre l'exécution normale de son plan d'intervention, qui l'amènera à la réalisation de l'AIVQ en cours.

Bibliographie

[1] H. Pigot, J. Bauchet, and S. Giroux, "Assistive devices for people with cognitive impairments," in *The engineering handbook on smart technology for aging, disability and independence*, A. Helal, M. Mokhtari, and B. Abdulrazak, Eds. John Wiley & Sons, 2008, pp. 217–236.

[2] I. Baguley, M. Nott, A. Howle, G. Simpson, S. Browne, A. King, R. Cotter, and A. Hodgkinson, "Late mortality after severe traumatic brain injury in New South Wales : a multicentre study," *The Medical Journal of Australia*, vol. 196, no. 1, pp. 40–45, 2011.

[3] S. Fleminger and J. Ponsford, "Long term outcome after traumatic brain injury," *British Medical Journal*, vol. 331, pp. 1419–1420, 2005.

[4] J. Bruns and W. A. Hauser, "The epidemiology of traumatic brain injury : a review," *Epilepsia*, vol. 44 Suppl 1, no. 2, pp. 2–10, 2003.

[5] A. Hyder, C. Wunderlich, P. Puvanachandra, G. Gururaj, and O. C. Kobusingye, "The impact of traumatic brain injuries : a global perspective," *NeuroRehabilitation*, vol. 22, no. 5, pp. 341–353, 2007.

[6] Institut canadien d'information sur la santé, "Le fardeau des maladies , troubles et traumatismes neurologiques au Canada," Ottawa, pp. 56–65, 2007. [Online]. Available : https://secure.cihi.ca/free_products/BND_f.pdf

[7] B. Roozenbeek, A. I. Maas, and D. Menon, "Changing patterns in the epidemiology of traumatic brain injury," *Nature reviews. Neurology*, vol. 9, no. 4, pp. 231–6, 2013.

[8] C. Dumont, "L'identification des facteurs qui vont favoriser la participation sociale des adultes présentant des séquelles de Traumatisme cranio-cérébral," Ph.D. dissertation, Université Laval, 2003.

[9] T. A. Novack, B. A. Bush, J. M. Meythaler, and K. Canupp, "Outcome after traumatic brain injury : Pathway analysis of contributions from premorbid, injury severity, and recovery variables," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 82, no. 3, pp. 300–305, 2001.

[10] F. K. Pearl Chung, "Traumatic Brain Injury (TBI) : Overview of Diagnosis and Treatment," *Journal of Neurology & Neurophysiology*, vol. 05, no. 01, pp. 1–10, 2013.

[11] N. Baguena, C. Thomas-Antérion, K. Sciessere, a. Truche, C. Extier, E. Guyot, and N. Paris, "Apport de l'évaluation de la cognition dans une tâche de vie quotidienne chez des patients cérébrolésés : génération et exécution d'un script de cuisine," *Annales de Readaptation et de Medecine Physique*, vol. 49, no. 5, pp. 234–241, 2006.

[12] M. Vallee, “Prise en charge comportementale de deux patients traumatises craniens atteints d’un syndrome dysexecutif – etude de cas,” Université Henri Poincaré Nancy 1 – Faculté de Médecine - École d’Orthophonie de Lorraine, Nancy, Tech. Rep., 2011.

[13] V. Desrochers, “Évaluation neuropsychologique et comportement ale des plans d’actions chez des individus ayant subi un traumatisme craniocérébral sévère,” Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Tech. Rep., 2002.

[14] International Encyclopedia of Rehabilitation, “Les activités de la vie quotidienne.” [Online]. Available : http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia/fr/article/37/

[15] E. A. Townsend and H. J. Polatajko, *Faciliter l’occupation : l’avancement d’une vision de l’ergothérapie en matière de santé, bien-être et justice à travers l’occupation*, deuxième é ed., O. CAOT, Ed. Ottawa : Association canadienne des ergothérapeutes, 2013.

[16] Y. Chu, P. Brown, M. Harniss, H. Kautz, and K. Johnson, “Cognitive support technologies for people with TBI : current usage and challenges experienced.” *Disability and rehabilitation. Assistive technology*, vol. 9, no. 4, pp. 279–285, 2014.

[17] M. Baldauf, S. Dustdar, and F. Rosenberg, “A survey on context-aware systems,” *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, vol. 2, no. 4, p. 263, 2007.

[18] M. Levasseur, H. Pigot, M. Couture, N. Bier, B. Swaine, P.-Y. Therriault, and S. Giroux, “Identifying participation needs of people with acquired brain injury in the development of a collective community smart home,” *Disability and rehabilitation. Assistive technology*, vol. 3107, no. February 2016, pp. 1–9, 2015.

[19] P.-Y. Létourneau, *Le traumatisme Cranio-Cérébral*, Bibliothèque nationale du Québec/ Bibliothèque nationale du Canada, Ed. Québec : Société de l’assurance automobile du Québec, 2003.

[20] G. Teasdale and B. Jennett, “Assessment of coma and impaired consciousness : a practical scale,” *The Lancet*, vol. 304, no. 7872, pp. 81–84, 1974.

[21] C. Beni, “Troubles du comportement socio-émotionnel et impulsivité suite à un traumatisme crânio-cérébral,” Ph.D. dissertation, Université de Genève, 2011.

[22] J. Labelle, B. R. Swaine, and R. W. Dykes, “Validation par les dossiers médicaux d’un système d’information dédié à la clientèle victime d ’ un traumatisme crânien,” *Annales de réadaptation et de médecine physique. Elsevier Masson.*, pp. 243–256, 2002.

[23] G. Rode, C. Thomas-Antérion, J. Luauté, S. Jacquin-Courtois, S. Ciancia, Y. Rossetti, and D. Boisson, “Évaluation des incapacités et de la qualité de vie des patients présentant des troubles cognitifs,” *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, vol. 48, no. 6, pp. 376–391, 2005.

[24] P. Azouvi, “Les troubles cognitifs des traumatismes crâniens sévères,” *Lettre de Medecine Physique et de Readaptation*, vol. 25, no. 2, pp. 66–68, 2009.

[25] M. D. Lezak, “Assesing Executive Functions,” *International Journal of Psychology*, vol. 17, pp. 281–297, 1982.

[26] R. Elliott, “Executive functions and their disorders,” *Statistical and Process Models for Cognitive Neuroscience and Aging*, pp. 15–58, 2003.

[27] E. Haskins, K. Cicerone, K. Dams-O’Connor, R. Eberle, D. Langenbahn, and A. Shapiro-Rosenbaum, *Cognitive Rehabilitation Manual; Translating Evidence-Based Recommendations into Practice*, acrm ed., 2012.

[28] J. Griffen and R. Hanks, “Cognitive and Behavioral Outcomes from Traumatic Brain Injury,” *Handbook on the Neuropsychology of Traumatic Brain Injury*, pp. 271–282, 2014.

[29] Association canadienne des ergothérapeutes, *Profil de la pratique de l’ergothérapie au Canada*, caot publi ed., Ottawa, ON, 2007.

[30] S. S. Roley, J. V. DeLany, C. J. Barrows, S. Brownrigg, D. Honaker, D. I. Sava, V. Talley, K. Voelkerding, D. A. Amini, E. Smith, P. Toto, S. King, and D. Lieberman, *Occupational Therapy Practice Framework : Domain & Process 2nd Edition*, 2008, vol. 62, no. 6.

[31] H. J. Polatajko, J. Craik, J. Davis, and E. Townsend, *Modèle canadien du processus de pratique (MCPP). Dans E. Townsend et H. Polatajko. Habiliter à l’occupation : faire avancer la perspective ergothérapique de la santé, du bien- être et de la justice par l’occupation*, deuxième é ed. Ottawa : CAOT Publications ACE, 2013.

[32] T. Shallice and P. Burgess, “Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man,” *Brain a journal of Neurology*, vol. 114, no. 2, pp. 727–741, 1991.

[33] F. Poncet, C. Taillerfer, M. Chevignard, C. Picq, and P. Pradat-Diehl, “Évaluations Écologiques Du Syndrome Dysexécutif : Un Défi De Taille Pour L’Ergothérapie,” *Lett. Méd. Phys. Réadapt*, vol. 25, no. 2, pp. 88–98, 2009.

[34] C. Bottari, C. Dassa, C. Rainville, and E. Dutil, “The IADL profile : development, content validity, intra- and interrater agreement,” *Canadian journal of occupational therapy. Revue canadienne d’ergotherapie*, vol. 77, no. 2, pp. 90–100, 2010.

[35] Medical Dictionary for the Health Professions and Nursing, “intervention approach. (n.d.),” 2012. [Online]. Available : http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/intervention+approach

[36] D. R. Dawson, A. Gaya, A. Hunt, B. Levine, C. Lemsky, and H. J. Polatajko, “Using the cognitive orientation to occupational performance (CO-OP) with adults with executive dysfunction following traumatic brain injury,” *Canadian journal of occupational therapy. Revue canadienne d’ergothérapie*, vol. 76, no. October 2015, pp. 115–27, 2009.

[37] J. Toglia, S. Rodger, and H. Polatajko, “Anatomy of cognitive strategies : a therapist’s primer for enabling occupational performance,” *Canadian Journal of Occupational Therapy*, vol. 79, no. 4, pp. 225–236, 2012.

[38] A. Gillespie, C. Best, and B. O’Neill, “Cognitive Function and Assistive Technology for Cognition : a systematic review,” *Journal of the International Neuropsychological Society*, vol. 18, no. 01, pp. 1–19, 2012.

[39] M. Sohlberg and C. Mateer, *Cognitive rehabilitation : an integrative neuropsychological approach.* Guilford Press, 2001.

[40] L. Fasotti, F. Kovacs, P. Eling, and W. Brouwer, “Time pressure management as a compensatory strategy training after closed head injury,” *Neuropsychological Rehabilittion*, vol. 10, no. 1, pp. 47–65, 2000.

[41] P. Burke, J. Bain, D. Robinson, and J. Dunleavey, “Acute red ear in children : controlled trial of non-antibiotic treatment in general practice,” *BMJ*, vol. 303, no. 6802, pp. 558–562, 1991.

[42] The Levine Lab, “Goal Management Training,” 2015. [Online]. Available : http://levinelab.weebly.com/executive-functioning-and-rehabilitation.html

[43] A. Luria, *The working brain : an introduction to neuropsychology.* New York : Basic Books, 1973.

[44] H. Pigot and S. Giroux, “Living labs for designing assistive technologies,” *2015 17th International Conference on E-Health Networking, Application and Services, HealthCom 2015*, no. 1, pp. 170–176, 2016.

[45] E. Lopresti, A. Mihailidis, and N. Kirsch, “Assistive technology for cognitive rehabilitation : State of the art,” *Neuropsychological Rehabilitation*, vol. 14, no. 1-2, pp. 5–39, 2004.

[46] G. Gibson, L. Newton, G. Pritchard, T. Finch, K. Brittain, and L. Robinson, “The provision of assistive technology products and services for people with dementia in the United Kingdom,” *Dementia*, vol. 15, no. 4, pp. 681–701, 2016.

[47] A. M. Seelye, M. Schmitter-Edgecombe, B. Das, and D. J. Cook, “Application of cognitive rehabilitation theory to the development of smart prompting technologies,” pp. 29–44, 2012.

[48] B. Bouchard, K. Bouchard, and A. Bouzouane, “A smart range helping cognitively-impaired persons cooking,” in *Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence*, vol. 4, 2014, pp. 2960–2965.

[49] B. Das, A. M. Seelye, B. L. Thomas, D. J. Cook, L. B. Holder, and M. Schmitter-Edgecombe, “Using smart phones for context-aware prompting in smart environments,” in *2012 IEEE Consumer Communications and Networking Conference, CCNC’2012*, 2012, pp. 399–403.

[50] H. P. Mahajan, "Development and evaluation of a smart cueing kitchen for individuals with cognitive impairments," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 94, no. 10, pp. e1–e2, 2013.

[51] J. Gómez, G. Montoro, P. Haya, X. Alamán, S. Alves, and M. Martínez, "Adaptive manuals as assistive technology to support and train people with acquired brain injury in their daily life activities," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 17, no. 6, pp. 1117–1126, 2013.

[52] Y. Nakauchi, T. Suzuki, A. Tokumasu, and S. Murakami, "Cooking procedure recognition and support system by intelligent environments," in *2009 IEEE Workshop on Robotic Intelligence in Informationally Structured Space, RiiSS 2009 - Proceedings*, 2009, pp. 99–106.

[53] M. Blumendorf, S. Feuerstack, and S. Albayrak, "Multimodal smart home user interfaces," *Proc. of IUI4AAL Workshop on IUI*, 2008.

[54] E. Vildjiounaite, J. Kantorovitch, V. Kyllönen, I. Niskanen, M. Hillukkala, K. Virtanen, O. Vuorinen, S. M. Mäkelä, T. Keränen, and J. Peltola, "Designing socially acceptable multimodal interaction in cooking assistants," *Proceedings of the 16th international conference on Intelligent user interfaces*, pp. 415–418, 2011.

[55] F. Martins, J. Pardal, L. Franqueira, P. Arez, and M. N., "Starting to cook a tutoring dialogue system," *IEEE*, pp. 145–148, 2008.

[56] L. Chen, S. Cheng, and L. Birnbaum, "The Interactive Chef : a task-sensitive assistant," in *Proceedings of the 7th conference on Intelligent user interfaces*. ACM, 2002, p. 234.

[57] D. Ding, R. Cooper, J. Telson, K. Krishnaswamy, H. Engineering, and B. County, "Focus group evaluation of an overhead kitchen robot appliance," in *In Proceedings of the Annual Conference on Rehabilitation Engineering*. RESNA, 2014.

[58] M. Beetz, F. Stulp, B. Radig, J. Bandouch, N. Blodow, M. Dolha, A. Fedrizzi, D. Jain, U. Klank, I. Kresse, A. Maldonado, Z. Marton, L. Mösenlechner, F. Ruiz, R. B. Rusu, and M. Tenorth, "The Assistive Kitchen - A demonstration scenario for cognitive technical systems," in *Proceedings of the 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN*, 2008, pp. 1–8.

[59] M. E. Pollack, L. Brown, D. Colbry, C. E. McCarthy, C. Orosz, B. Peintner, S. Ramakrishnan, and I. Tsamardinos, "Autominder : An intelligent cognitive orthotic system for people with memory impairment," in *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 44, no. 3-4, 2003, pp. 273–282.

[60] L. Zhang, B. C. Abreu, G. S. Seale, B. Masel, C. H. Christiansen, and K. J. Ottenbacher, "A virtual reality environment for evaluation of a daily living skill in brain injury rehabilitation : Reliability and validity," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 84, no. 8, pp. 1118–1124, 2003.

[61] A. Coronato and G. Paragliola, "A safe kitchen for cognitive impaired people," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 8276 LNCS, 2013, pp. 17–25.

[62] P. Groussard, N. Bier, S. Giroux, H. Pigot, J. Macoir, M. J., C. Descheneaux, P. Roy, F. Arab, B. Chikhaoui, S. Medini, M. Kammoun, and Y. Parakh, "Domotics and robotics for supporting seniors," *Gerontechnology*, vol. 9, no. 2, pp. 105–110, 2010.

[63] N. Bier, J. Macoir, S. Joubert, C. Bottari, C. Chayer, H. Pigot, S. Giroux, and T. Giroux, "Cooking "Shrimp à la Créole" : a pilot study of an ecological rehabilitation in semantic dementia," *Neuropsychol Rehabil,*, vol. 21, no. 4, pp. 455–483, 2011.

[64] J. Bauchet, S. Giroux, H. Pigot, D. Lussier-Desrochers, and Y. Lachapelle, "Pervasive assistance in smart homesfor people with intellectual disabilities : a case study on meal preparation," *International Journal of Assistive Robotics and Mechatronics (IJARM)*, vol. 9, pp. 53–65, 2008.

[65] H. Pigot, D. Lussier-Desrochers, J. Bauchet, Y. Lachapelle, and S. Giroux, "A smart home to assist recipes' completion (extended version)," *IOPress*, pp. 35–42, 2008.

[66] D. Lussier-Desrochers, Y. Lachapelle, H. Pigot, and J. Bauchet, "Apartments for people with intellectual disability : Promoting innovative community living services," in *2nd International Conference on Intellectual Disabilities/Mental Retardation*, Bangkok, 2007.

[67] S. Giroux, G. Paquette, F. Pachet, and J. Girard, "EpiTalk a platform for epiphyte advisor systems dedicated to both individual and collaborative learning," in *Intelligent Tutoring Systems*. Springer Berlin/Heidelberg, 1996, pp. 363–371.

[68] F. Pachet and S. Giroux, "Building plan recognition systems on arbitrary applications : the spying technique," *CiteSeer*, 1997.

[69] F. Pachet, S. Giroux, G. Paquette, U. Pierre, M. Curie, and P. Cedex, "Pluggable advisors as epiphyte systems," *Science*, vol. 94, pp. 167–174, 1994.

[70] J. Boger, J. Hoey, P. Poupart, C. Boutilier, G. Fernie, and A. Mihailidis, "A planning system based on Markov decision processes to guide people with dementia through activities of daily living," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 10, no. 2, pp. 323–333, 2006.

[71] H. Kautz, O. Etzioni, D. Fox, and D. Weld, "Foundations of assisted cognition systems," pp. 1–25, 2003.

[72] D. Patterson, O. Etzioni, and D. Fox, "Intelligent ubiquitous computing to support alzheimer's patients : Enabling the cognitively disabled," in *Adjunct Proceedings*, 2002, p. 21.

[73] B. Y. I. Jacobson, I. A. N. Spence, and B. Kerr, "Use-Case 2.0," vol. 59, no. 5, pp. 61–69, 2016.

[74] A. Cooper, *The Inmates Are Running the Asylum :[Why high-tech products drive us crazy and how to restore the sanity].* USA : Sams Publishing, 2004.

[75] D. Schuler and A. Namioka, *Participatory design : Principles and practices.* Hillsdale, New Jersey : CRC Press, 1993.

[76] V. Kantola, S. Tiitta, K. Mehto, and T. Kankainen, "Using dramaturgical methods to gain more dynamic user understanding in user-centered design," *Creativity and Cognition '07 : Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity &amp ; cognition*, pp. 173–182, 2007.

[77] C. Bornet and E. Brangier, "La méthode des personas : principes, intérêts et limites," *Bulletin de psychologie*, vol. Numéro 524, no. 2, p. 115, 2013.

[78] R. Brachman and H. Levesque, *Knowledge Representation and Reasoning.* MIT press, 1992, vol. 1.

[79] J.-P. Haton and M.-C. Haton, "Systèmes à bases de connaissances," *Techniques de l'ingénieur*, vol. 33, no. 0, pp. 1–15, 2012.

[80] W. A. Woods and J. G. Schmolze, "The KL-ONE family," *Computers and Mathematics with Applications*, vol. 23, no. 2-5, pp. 133–177, 1992.

[81] ATopics, "Description Logic." [Online]. Available : http://aitopics.org/topic/description-logic

[82] W3C, "OWL 2 Web Ontology Language." [Online]. Available : https://www.w3.org/TR/owl2-overview/

[83] T. Gruber, "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing BT - Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation," in *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, N. Guarino and R. Poli, Eds. Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation, 1993.

[84] Ontology for Biomedical Investigations (OBI), "Information Artifact Ontology." [Online]. Available : https://bioportal.bioontology.org/ontologies/IAO

[85] A. Newell, J. C. Shaw, and H. A. Simon, "Report on a general problem-solving program," pp. 256–264, 1959.

[86] R. E. Fikes and N. J. Nilsson, "Strips : A new approach to the application of theorem proving to problem solving," *Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 3-4, pp. 189–208, 1971.

[87] D. M. Gabbay, A. Kurucz, F. Wolter, and M. Zakharyaschev, "Many-dimensional modal logics : theory and applications," *Elsevier*, vol. 148, pp. 77–79, 2003.

[88] M. Veloso and C. Mellon, "PDDL by Example PDDL - Description Language," 2002.

[89] H. Younes and M. Littman, "PPDDL1. 0 : An extension to PDDL for expressing planning domains with probabilistic effects," *Techn. Rep. CMU-CS-04-162*, 2004.

[90] D. L. Kovacs, "BNF definition of PDDL 3.1 (completely corrected)," *Unpublished manuscript from the IPC-2011 website*, vol. 1, pp. 1–5, 2011.

[91] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence : A Modern Approach, 3rd edition*, 2009.

[92] J. Searle, *Speech Acts an essay in the philosophy of Language.* Cambridge University Press, 1969.

[93] J. Bauchet, H. Pigot, S. Giroux, D. Lussier-Desrochers, Y. Lachapelle, and M. Mokhtari, "Designing judicious interactions for cognitive assistance," *Proceeding of the eleventh international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - ASSETS '09*, pp. 11–18, 2009.

[94] L. Bass, P. Clements, and R. Kazman, *Software Architecture in Practice*, 2003, vol. 2nd.

[95] S. Heim, *The Resonant Interface : HCI Foundations for Interaction Design*, 2008. [Online]. Available : http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip079/2007003079.html

[96] M. Olivares, H. Pigot, T. Zayani, N. Bier, C. Bottari, G. Le Dorze, B. Le Pévédic, S. Pinard, B. Swaine, P.-y. Therriault, A. Thépaut, and S. Giroux, "Traumatic Brain Injury Persona : An Interdisciplinary Approach to Designing a Cooking Assistant," *Article under review*, 2016.

[97] J. Adlin, T. Pruitt, "Putting Personas to Work : Using Data-Driven Personas To Focus Product Planning, Design and Developpment," in *Human Computer Interaction Handbook : Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications.* CRC Press, 2008, ch. 51, pp. 991–1016.

[98] M. Olivares, S. Giroux, C. Bottari, P. De Loor, A. Thépaut, B. Le Pévédic, H. Pigot, S. Pinard, G. Le Dorze, and N. Bier, "A context-aware generic model to manage the cognitive rehabilitation of individuals with cognitive impairments at home," *Article under review*, pp. 1–35.

[99] M. Olivares, S. Giroux, P. D. Loor, A. Thépaut, and H. Pigot, "An ontology model for a context-aware preventive assistance system : reducing exposition of individuals with Traumatic Brain Injury to dangerous situation during meal preparation," in *Article under review*, 2016, pp. 1–7.

Annexes

Annexe A

Principaux déficits cognitifs observés chez les Traumatisés cranio-cérébraux

References \ Characteristic	Cognitive				Behavioral				Emotional				Communicational			Physical			
	Executive functions	Memory	Attention	Slow processing speed	Aggressiveness	Disinhibition	Impulsivity	Lack of initiative	Depression	Anger	Anxiety	Lack of motivation	Nonverbal communication	Self-centered	Non interest in hear others	Muscle weakness	Walk difficulty	Slow psychomotor activity	N° TBI subjects
Dumont, (2003)	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x					x	x	x	350
Beni, (2011)	x	x	x	x	x	x		x											158
Azouvi, (2011)	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x							
Baguena et al, (2006)	x	x	x																12
Vallee, (2011)	x	x	x		x	x	x	x				x	x	x		x	x		2
Desrochers, (2002)	x	x	x	x															10
Rode et al., (2005)	x	x	x		x	x	x	x		x	x				x	x	x	x	

Annexe B

Personæ principales et secondaires

B.1 *Personæ* principale : Jacques La Roche

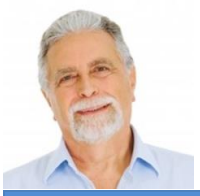


Image courtesy of Ambro at FreeDigitalPhotos.net

Traumatisme crânien léger

Facteurs personnels			
Nom	La Roche	**Prénom**	Jacques
Date de naissance	02/15/1945	**Lieu de naissance**	Montréal
Sexe	Masculin	**Âge**	69 ans
Poids	78 kg	**Taille**	1,70 m
État civil	Marié		
Situation familiale	2 enfants, il vit avec sa femme		
Personnalité	Respectueux, expressif, esprit de famille, à l'écoute, joyeux.		
Travail	Ancien cadre dans une institution financière.		
Classe sociale	Moyenne		
Facteurs personnels - Information après l'accident			
Score initial au GCS	14	**Amnésie post-traumatique (APT)**	18 heures
Période dans le coma	20 min	**Délai post-trauma**	3 mois
Données financières	Retraite anticipée à l'âge de 55 ans (après son accident)	**Revenu**	51000 $ (par an)

Facteurs de risque (Causes)

Risques liés aux aménagements humains C-2.4

Type d'accident: une chute dans les escaliers.

Risques liés aux comportements de la personne C-4.7

Jacques a été une personne très active à cause du rythme de son travail.

Facteurs personnels - Systèmes organiques

-

Facteurs personnels - Aptitudes (Capacité- Incapacité)

Aptitudes reliées aux activités intellectuelles I-1

Conscience I-1.1

Jacques éprouve des problèmes d'attention, ce qui perturbe sa capacité de réalisation des tâches parallèles.

Mnésie I-1.2

Jacques éprouve souvent des difficultés de résolution de problème et de prise des décisions.

Aptitudes reliées au Langue I-2

Régie de l'échange

Jacques a une tendance à trop parler, il ne donne pas l'occasion à ses interlocuteurs de s'exprimer. Il change régulièrement de sujet.

Compréhension de l'expression non verbale I-2.3.1

Parfois, Jacques ne remarque pas les messages exprimés par des moyens autres que les moyens linguistiques (gestes, pleurs, rires).

Aptitudes reliées aux comportements I-3

Motivation C-3.1.1

Jacques a une bonne aptitude concernant la réalisation des activités quotidiennes.

Contrôle des émotions I-3.3.1.3
Lorsque Jacques fait face à des situations de stress, ou de fatigue, il a des sautes d'humeur qui sont souvent caractérisées par l'impulsivité et l'anxiété.

Aptitudes reliées aux activités motrices I-5
Comme Jacques boite de pied gauche, il a des problèmes d'équilibre.

Aptitudes reliées à la protection et à la résistance I-10
Jacques a une hyper sensibilité au bruit. Ainsi, il ne supporte pas l'effort physique prolongé.

Facteurs environnementaux (Facilitateur - Obstacle)

Facteurs sociaux

Structure familiale O-1.2.1.1
Jacques habite avec sa femme dans une maison à Montréal. Sa femme est toujours présente à la maison. Suite à l'accident de son mari, elle le surprotège, c'est elle qui réalise toutes les tâches parce qu'elle ne veut pas que Jacques se sente incapable.

Autres structures du réseau social O-1.2.1.2
Jacques est en général une personne très sociable, il garde le contact avec ses amis plus proches.

Facteurs physiques

Technologie

Appareils électriques F- 2.2.3.8
Dans sa maison, il y a divers équipements électroniques: téléphone intelligent, tablettes, ordinateurs, radios, télévision, DVD, etc.

Véhicule F-2.2.3.13
La famille possède une voiture.

Habitude de vie (Participation sociale – Situation de handicap)

Nutrition

Régime alimentaire H-1.1 et Préparation des aliments H-1.2
C'est la femme de Jacques qui planifie les repas, achète de la nourriture et prépare des repas. Cependant, Jacques est capable de préparer des repas. Il accompagne sa femme lors de l'achat de la nourriture.

Condition corporelle

Repos 2.1
Jacques est une personne active. De lui-même il se repose après un grand effort physique. Parfois, il a des problèmes d'insomnie.

Soins personnels

Soins corporels 3.1
Jacques est complètement autonome pour ses soins personnels.

Hygiène excrétrice 3.2
Jacques est autonome dans l'utilisation des installations sanitaires.

Habillement 3.3
Jacques s'habille normalement.

Soins de la santé H-3.4
Jacques a besoin d'être rappelé pour la prise de médicaments.

Communication

Orale et corporelle 4.1

Jacques échange normalement des informations à travers la voix et les gestes.

Télécommunication H-4.3

Jacques utilisait habituellement des logiciels de bureautique et internet avant son accident, mais après son accident il éprouve des difficultés à utiliser l'ordinateur. Il utilise facilement le téléphone, la télévision et la radio.

Habitation

Entretien de domicile H-5.2

Jacques s'occupe particulièrement de l'entretien du jardin.

Déplacement

Déplacements restreints 6.1

Jacques est capable de sortir tout seul et faire ses activités.

Transport H-6.2

Jacques peut conduire, mais il doit être toujours accompagné.

Responsabilité

Financières H-7.1

Jacques participe à l'administration du budget familial.

Relations interpersonnelles

Relations sociales 8-3

Jacques est généralement une personne agréable qui a la capacité d'établir des contacts avec d'autres personnes. Les enfants de Jacques lui rendent visite régulièrement surtout lors des vacances et les fêtes.

Travail 10

Jacques a décidé de demander sa retraite anticipée.

Loisirs

Activités sociorécréatives 12-3

Jacques est un homme sportif, malgré la fatigue et son handicap, il fait régulièrement du sport avec sa femme et ses enfants (promenades, natation, golf, etc.). Ses enfants lui rendent visite pour les fêtes, et une fois par semaine pour un souper.

B.2 *Personæ* principale : Alexandra Tremblay

Image courtesy of stockimages at FreeDigitalPhotos.net

Traumatisme crânien modéré

Facteurs personnels			
Nom	Tremblay	**Prénom**	Alexandra
Date de naissance	12/28/1961	**Lieu de naissance**	Québec
Sexe	Féminin	**Âge**	53 ans
Poids	64 kg	**Taille**	1,63 m
État civil	Divorcé		
Situation familiale	3 enfants, âgées de 35, 29 et 21 ans après son accident, elle vit dans une famille d'accueil		
Personnalité	Empathique (sensible, chaleureuse, elle aime s'occuper des autres et se sentir utile)		
Travail	Infirmière		
Classe sociale	Moyenne		
Facteurs personnels - Information après l'accidente			
Score initial au GCS	12	**Amnésie post-traumatique (APT)**	19 jours
Période dans le coma	2 jours	**Délai post-trauma**	5 ans
Données financières	Compensation financière de la SAAQ	**Revenu (aide sociale)**	2700 $ / mois

Facteurs de risque (Causes)

Risques liés à la technologie C-2.6

Type d'accident : accident de voiture.

Risques liés aux comportements de la personne C-4.7

Alexandra était une personne très active, occupée par son travail et sa famille.

Facteurs personnels - Systèmes organiques

-

Facteurs personnels - Aptitudes (Capacité- Incapacité)

Aptitudes reliées aux activités intellectuelles I-1

Conscience I-1.1

Alexandra éprouve une diminution considérable de l'attention et de la concentration. Par conséquent, elle présente des problèmes de fatigabilité mentale.

Mnésie I-1.2

elle manifeste des perturbations importantes des fonctions exécutives, de raisonnement, d'anticipation aussi. Elle éprouve des problèmes de la mémoire à court terme. Par contre, elle est capable de faire des activités quotidiennes simples.

Aptitudes reliées au Langue I-2

Adaptation aux situations de communication I-2.2.2.1.3.3

Très souvent, Alexandra reste sans répondre à ses interlocuteurs pour de longues périodes.

Expression gestuelle et posturale C-2.2.1.6

Alexandra reflète souvent son état émotionnel par ses gestes.

Compréhension 2.3

Sa capacité de compréhension est assez limitée, cette limite est associée plutôt à une situation de blocage émotionnel. Elle a des problèmes d'adaptation aux situations nouvelles.

Aptitudes reliées aux comportements I-3

Désir I-3.1.8

Alexandra souhaite garder un style de vie très actif comme avant son accident. Aujourd'hui, elle désire profondément participer aux tâches ménagères, mais elle ne peut pas le faire, car elle éprouve rapidement de la fatigue.

Estime de soi I-3.2.2

Alexandra a tendance à se sentir fréquemment frustrée, car sa situation après l'accident l'empêche de réaliser des activités simples de la vie quotidienne. Cette situation entraîne un état de dépression/ anxiété, qui se manifeste la plupart du temps par de l'apathie ou une inactivité.

Aptitudes reliées aux sens et à la perception I-4

Fonctions intéroceptives C-1

Alexandra ressent quand elle a faim, soif et douleurs physiques.

Détection auditive I-4.3.2.1

Parfois, les personnes de l'entourage d'Alexandra pensent qu'elle ne les écoute pas, car occasionnellement elle ne réagit pas quand une personne lui parle.

Aptitudes reliées aux activités motrices I-5

Alexandra se déplace lentement. Elle souffre d'une diminution du contrôle moteur et de lenteur psychomotrice ainsi que des problèmes d'équilibre.

Aptitudes reliées à la protection et à la résistance I-10

Alexandra a une faible résistance à l'effort physique et mental.

Facteurs environnementaux (Facilitateur - Obstacle)

Facteurs sociaux

Système sociosanitaire F-1.1.4

Alexandra a accès aux services de réadaptation.

Structure familiale O-1.2.1.1

Alexandre habite dans un appartement de la ville de Québec avec une famille d'accueil qui est composée de deux membres : un homme de 45 ans et une femme de 39 ans. La famille d'accueil est toujours présente dans la maison. De plus, les enfants d'Alexandre lui rendent visite au moins une fois par semaine.

Autres structures du réseau social O-1.2.1.2

Alexandra garde le contact avec sa famille et ses amis les plus proches.

Facteurs physiques

Technologie

Appareils électriques O- 2.2.3.8

Dans la famille d'accueil, il y a divers équipements électroniques: téléphone intelligent, ordinateurs, radios, télévision, DVD, etc.

Véhicule O-2.2.3.13

La famille d'accueil possède deux voitures.

Habitude de vie (Participation sociale – Situation de handicap)

Nutrition

Régime alimentaire H-1.1 et Préparation des aliments H-1.2

C'est la femme de la famille d'accueil qui planifie les repas, l'achat de la nourriture et la préparation des repas.

Condition corporelle

Repos H-2.1

Alexandra dort beaucoup la nuit entre 10h et 12h et l'après-midi elle fait une sieste de minimum de 1 heure.

Soins personnels

Soins corporels 3.1

Alexandra est capable de s'occuper de ses soins personnels, se laver, se brosser les dents, s'habiller, etc.

Hygiène excrétrice 3.2

Alexandra est autonome dans l'utilisation des installations sanitaires.

Habillement 3.3

Alexandra s'habille normalement en gardant le même style.

Soins de la santé H-3.4

C'est la femme de la famille d'accueil qui gère la médication

Communication

Orale et corporelle 4.1

Alexandra est capable d'échanger l'information à travers la voix et les gestes avec un nombre réduit de personnes à une vitesse réduite.

Télécommunication H-4.3

Alexandra n'a pas utilisé d'ordinateurs pendant toute sa vie, par contre, elle utilise régulièrement le téléphone, la télévision et la radio.

Habitation

Entretien de domicile H-5.2

Alexandra s'occupe de l'entretien de sa chambre et de plier ses vêtements. Elle aide aussi pour la préparation du petit-déjeuner.

Déplacement

Déplacements restreints H-6.1

Alexandra ne sort pas de chez elle toute seule, elle est toujours accompagnée.

Transport H-6.2

Alexandra ne peut plus conduire, elle dépend généralement de la famille d'accueil et ses proches pour se déplacer.

Responsabilité

Financières H-7.1

Elle ne fait pas son budget.

Relations interpersonnelles

Relations sociales 8-3

Alexandra est sympathique. Elle plait à tout le monde.

Travail 10

Alexandra est inapte à exercer son travail d'infirmière.

Loisirs

Activités sociorécréatives 12-3

Alexandra sort 2 fois par semaine avec la famille d'accueil et occasionnellement avec ses enfants. Ses anciennes collègues infirmières l'emmènent dehors 3 fois par mois et parfois à l'hôpital pour rendre visite à tous ses anciens collègues.

B.3 *Personæ* principale : Frédéric Chauvin

Image courtesy of stockimages at FreeDigitalPhotos.net

Traumatisme crânien sévère

Facteurs personnels - Informations actuelles et préaccidentelles			
Nom	Chauvin	**Prénom**	Frédéric
Date de naissance	01/05/1994	**Lieu de naissance**	Sherbrooke
Sexe	Masculin	**Âge**	20 ans
Poids	73 kg	**Taille**	1,80 m
État civil	Célibataire		
Situation familiale	Il habitait avec sa amie, mais depuis son accident, il vit chez ses parents. Il a une seule sœur qui vit avec son mari à Vancouver.		
Personnalité	Actif, enthousiaste et très social		
Travail	Étudiant en première année collégiale		
Classe sociale	Moyenne.		
Facteurs personnels - Information après l'accident			
Score initial au GCS	3	**Amnésie post-traumatique (APT)**	29 jours
Période dans le coma	3 semaines	**Délai post-trauma**	3 ans
Données financières	Compensation financière de la SAAQ	**Revenu (Équité salariale de la SAAQ)**	37 000$ / ans Sa mère reçoit des prestations d'aide personnelle.

Facteurs de risque (Causes)

Risques liés à la technologie C-2.6

Type d'accident: accident de voiture en raison de la vitesse et l'alcool.

Risques liés à l´usage de substances toxiques C-4.4

Avant son accident, Frédéric consommait de l'alcool régulièrement (plus de 18 bières/semaine, boit en moyenne au moins 3 fois par semaine).

Facteurs personnels - Systèmes organiques

Systèmes nerveux D-I et musculaire D-12

Suite à l'accident, Frédéric présente une hémiparésie spastique au niveau de son hémicorps gauche (membre supérieur et inférieur gauche spastique).

Facteurs personnels - Aptitudes (Capacités- Incapacités)

Aptitudes reliées aux activités intellectuelles I-1

Attention I- 1.1.3

Ces perturbations sont associées à son problème attentionnel qui l'empêche de réaliser plusieurs tâches en même temps. De plus, il présente une difficulté à sélectionner l'information importante vs les détails. C'est pour cette raison que sa mère lui demande de faire une tache à la fois, sinon il est incapable de réaliser les tâches.

Mnésie I-1.2

De plus, il éprouve des problèmes de mémoire à court terme (mémoire de travail limité) et de mémoire à long terme (épisodique). Par contre, il est capable de réaliser quelques activités de base en utilisant sa mémoire procédurale comme manger, se brosser les dents, s'habiller, etc.

Pensée I-1.3

Ses capacités de réflexion et traitement de l'information ont été profondément affectées, ainsi que son jugement, car il ne remarque pas quand il fait face à des situations de danger.

Fonctions exécutives :
Il manifeste des perturbations des fonctions exécutives surtout dans l'initiation et la planification. Il peut oublier des étapes ou mélanger l'ordre d'exécution.

Aptitudes reliées au Langage I-2

Expression I-2.3
Frédéric parle beaucoup (labilité verbale) et avec un discours tangentiel. Il a tendance à parler fort et utilise fréquemment un langage grossier parfois même agressif. Peu d'expression faciale : même s'il est fâché le faciès reste neutre.

Compréhension 2.3
Frédéric présente des difficultés à comprendre des instructions lorsqu'il s'agit de réaliser une nouvelle tâche. Au-delà de trois instructions, il ne se rappelle plus ce qu'on lui demande.

Aptitudes reliées aux comportements I-3
Frédéric reste indifférent à la plupart des événements qui arrivent autour de lui (il ne montre aucun intérêt pour tout ce qui se passe autour de lui, que ce soit à l'extérieur ou dans le cercle familial).

Il n'est plus motivé à faire des activités autres que regarder la télévision toute la journée. C'est sa mère et son père qui le poussent à faire des activités avec eux telles que faire des marches, aller à l'épicerie et à la pêche. Il préfère se reposer, car il se fatigue très vite.

Il éprouve des problèmes de contrôle de ses émotions. En effet, en situation d'échec évident ou de difficulté il persévère peu et il réagit rapidement avec agressivité, soit il se met à crier et à injurier la ou les personnes près de lui. De plus, il voit peu ses erreurs et surévalue ses capacités (manque d'autocritique). Il a également des problèmes à s'adapter aux situations nouvelles et à respecter les règles imposées par sa famille.

Il présente une désinhibition en contexte social et dit tout ce qui lui passe par la tête.

Aptitudes reliées aux activités motrices I-5
Frédéric est capable de se déplacer avec une légère lenteur à l'aide d'une canne et il se fatigue rapidement. Il a des problèmes d'équilibre ainsi qu'une diminution du contrôle moteur et une lenteur psychomotrice. De plus, il a de la difficulté à manipuler des objets avec ses deux mains à cause de la parésie de son bras gauche.

Il l'utilise parfois pour se stabiliser par exemple lorsqu'il veut ouvrir un contenant, mais ne peut plus l'utiliser dans des tâches de dextérité fine.

Aptitudes reliées à la protection et à la résistance I-10
Frédéric se fatigue rapidement suite à un effort physique et/ou mental. C'est pour cette raison qu'il passe la majorité du temps allongé, soit devant la TV soit devant son ordinateur.

Facteurs environnementaux (Facilitateur - Obstacle)

Facteurs sociaux

Système sociosanitaire F-1.1.4
Frédéric a terminé ses services de réadaptation il y a 1 an. Au besoin, il se rend à l'hôpital pour des examens de contrôle.

Structure familiale O-1.2.1.1
Frédéric habite dans une maison en banlieue de Sherbrooke avec sa famille (sa mère et son père). Sa mère est toujours présente à la maison (mère au foyer) et son père n'est présent que le soir après son travail. Sa sœur, qui habite à Vancouver, lui téléphone 1 fois par mois. Sa mère, étant à la maison, compense et encadre Frédéric la plupart du temps. Ceci entraine de multiples disputes et sa mère commence à être épuisée de se

faire réprimander. Des tensions nouvelles existent au sein du couple depuis le traumatisme crânien puisque les parents ne sont pas toujours en accord sur la meilleure façon d'intervenir.

Autres structures du réseau social O-1.2.1.2
Depuis son accident, Frédéric a très peu de contacts avec ses amis et son amie l'a quitté. Il reçoit à de rares occasions la visite de ses deux seuls amis d'enfance et reçoit quelques cartes durant les fêtes de Noël.

Facteurs physiques

Technologie

Appareils électriques O- 2.2.3.8
Dans la maison de ses parents, il y a divers équipements électroniques: téléphone intelligent, tablette, ordinateur, radio, télévision, etc.

Véhicule O-2.2.3.13
La famille a deux voitures.

Habitude de vie (Participation sociale – Situation de handicap)

Nutrition

Régime alimentaire H-1.1 et Préparation des aliments H-1.2
C'est la mère de Frédéric qui s'occupe de la planification, des achats de la nourriture et de la préparation des repas chauds et/ou complexes. Frédéric a reçu la recommandation de l'ergothérapeute du centre de réadaptation de ne pas utiliser les appareils électroménagers de la cuisine pour cause de sécurité. Il prépare toutefois ses céréales seul le matin, mais sa mère doit souvent ranger la bouteille de lait après qu'il l'ait utilisée.

Condition corporelle

Repos H-2.1
Frédéric dort en moyenne 12 heures par jour incluant ses deux siestes d'une heure chacune. Il se lève le matin tard vers 10h-11h. Avant son accident, il se réveillait tôt pour étudier.

Soins personnels

Soins corporels H-3.1
Frédéric est indépendant avec les aides techniques (banc de douche, barre d'appui et brosse à long manche) et les stratégies compensatoires (intégration d'une routine).).

Hygiène excrétrice 3.2
Frédéric est autonome à ce niveau.

Habillement 3.3
Frédéric porte souvent des casquettes, des pantalons larges et des chaussures de sport. Il choisit lui-même ses vêtements, mais il peut parfois porter des vêtements sales et devient colérique quand sa mère lui demande de les changer.Il porte aussi des vêtements faciles à mettre à cause de son bras gauche. Il s'habille seul, mais il met du temps pour compléter l'activité vu ses limitations physiques.

Soins de la santé H-3.4
Difficulté à couper ses aliments à cause de son bras gauche. Sa mère prépare des plats qui ne nécessitent pas l'utilisation de couteau. Fréderic gère sa médication grâce à un système de Dispill. Il prend toujours ses médicaments qui sont rangés au même endroit avec son café le matin, mais c'est sa mère qui vérifie tout de même après lui.

Communication

Orale et corporelle 4.1
Frédéric présente des difficultés à échanger verbalement avec plus de 3 personnes en raison de ses atteintes attentionnelles. Il perd alors le fil de la conversation. Il a également tendance à parler davantage de lui et est peu intéressé au vécu des autres.

Écrite H-4.2
Frédéric est capable d'écrire (il est droitier), mais il écrit très lentement. Fréderic aime faire des commentaires sur les profils Facebook de ses amis.

Télécommunication H-4.3
Frédéric est en mesure d'utiliser internet pour des tâches simples et routinières comme Facebook, des sites pour « adultes », les résultats sportifs comme il faisait avant son accident. Toutefois, il n'est pas en mesure d'utiliser l'internet pour chercher de l'information nouvelle de façon fonctionnelle.

Habitation

Entretien de domicile H-5.2
Sa mère s'occupe de l'entretien du domicile, mais Frédéric participe au rangement de sa chambre lorsque cette tâche lui est demandée.

Déplacement

Transport H-6.2
Frédéric n'a présentement pas les aptitudes pour conduire. Il dépend de sa famille pour se déplacer. Il parle sans arrêt de reprendre la conduite automobile. Il dit avoir les capacités et que conduire serait facile pour lui.

Responsabilité

Financières H-7.1
Frédéric ne gère pas son budget, mais il reçoit 50 dollars par semaine pour acheter ce qu'il veut, soit de l'alcool et des revues de voitures. Il reçoit des services du curateur public pour superviser la gestion de ses finances.

Relations interpersonnelles

Affectives H-8.2
Son amie s'est séparée de lui après son accident, car elle ne pouvait pas supporter sa désinhibition et son agressivité.

Relations sociales 8-3
Au plan social, il a des difficultés à développer ou à maintenir des liens affectifs avec autrui, car il est souvent désinhibé, agressif et centré sur lui-même.

Sociales

Éducation H-10.4
Frédéric n'a pas pu poursuivre ses études. Suite à son traumatisme, l'équipe de réadaptation (médecin, ergothérapeute et neuropsychologue) a jugé qu'il était inapte pour continuer ses études et inapte à tout emploi en raison des incapacités motrices, cognitives et les troubles de comportements.

Loisirs

Activités sociorécréatives 12-3
S'Il n'est pas stimulé à participer à des activités, il reste le plus souvent chez lui à la maison à écouter de la musique ou regarder la TV (surtout les courses de voiture et les sports). Les parents de Frédéric sortent régulièrement pour faire des marches et l'obligent à venir avec eux. Il consacre très peu de temps au sport à cause de sa fatigue, et de son manque de motivation. Pendant la saison de la pêche (durant 4 mois), il part une fois par semaine à la pêche avec son père.

B.4 *Personæ* secondaire : Alexa Tramblay

Image courtesy of stockimages at FreeDigitalPhotos.net

Proche aidant

Facteurs personnels			
Nom	Alexa	**Prénom**	Tramblay
Date de naissance	15/06/1956	**Lieu de naissance**	Iles de la madeleine
Sexe	Féminin	**Âge**	58 ans
Poids	75kg	**Taille**	1,64 m
Situation familiale	Mariée		
Personnalité	Accueillante, disponible,		
Travail	Mère au foyer		

Taches

La mère de Frédérique réalise de multiples tâches (s'occuper de la maison, de son fils, de son mari, gérer les soins de santé de son fils, etc.) pendant sa journée. Ceci l'amène à laisser de côté ses propres activités (loisirs, vie sociale, etc.).

- Planification des repas et de l'achat de la nourriture
- Gestions de finances
- Aider son fils à se déplacer à l'extérieur
- Superviser Frédérique

Défauts

- Surprotectrice
- Anxieuse à cause de son fils
- Ne prend plus soin d'elle

Rôle dans le projet

- Apprendre comment se servir de l'assistant
- Superviser son fils lors de la réalisation la tâche «préparer un repas chaud »

B.5 *Personæ* secondaire : Anne Fortin

Image courtesy of stockimages at FreeDigitalPhotos.net

Ergothérapeute

Facteurs personnels			
Nom	Fortin	**Prénom**	Véronique
Date de naissance	02/09/1987	**Lieu de naissance**	Saguenay
Sexe	Féminin	**Âge**	27 ans
Poids	53 kg	**Taille**	1,66 m
État civil	Célibataire		
Personnalité	Calme, chaleureuse, souriante		
Travail	Ergothérapeute		

Taches

- Évaluer les capacités fonctionnelles des TCC pour connaitre leurs déficits, motivations, capacités, niveau d'autonomie et leur potentiel
- Mettre en évidence le programme d'intervention
- Participer à un projet de recherche pour développer un assistant culinaire destiné aux personnes atteintes d'un traumatisme crânien

Champs d'action

Médecine physique, réadaptation des personnes ayant des atteintes motrices et sensorielles, technologie et réadaptation

Matériel utilise

Équipements thérapeutiques, matériel informatique général et spécialisé

Caractéristiques personnelles

- Elle aime le travail physique
- Elle aime communiquer avec les gens pour les convaincre, les persuader
- Elle aime interagir avec d'autres personnes
- Elle aime travailler en contact avec des personnes pour les aider

Qualités

Autonome, capacité d'écoute, créativité, esprit critique, facilité à communiquer, facilité d'adaptation, patience, sens des responsabilités

Employeur

Centre de réadaptation physique de Sherbrooke

Rôle dans le projet

- Évaluer les patients de la résidence
- Implémenter l'assistant culinaire chez les patients
- Enseigner l'assistance
- Évaluer l'interaction du patient avec le système

Annexe C

Scénarios

C.1 Scénario sans l'assistance de COOK

Scénario d'évaluation

Patient : Fréderic Chauvin **Sévérité du traumatisme crânien :** Sévère

Contexte	Description
Activités réalisées avant l'accident	Frédéric est né le 01/05/1988 à Sherbrooke. Avant l'accident, il faisait une maîtrise en finance internationale à l'Université Laval. Il vivait avec sa copine depuis 5 ans dans un appartement 3 et demi. Le couple partageait l'ensemble des responsabilités domiciliaires, mais c'est Frédéric qui s'occupait de la préparation des repas. Ancien joueur du volley-ball du Rouge et Or (équipe universitaire de l'Université de Laval), tout lui réussissait avant l'accident.
Type d'accident	L'année dernière, en rentrant chez lui pour passer les vacances d'été dans sa famille, il a été victime d'un accident de voiture.
Hospitalisation	Il est demeuré à l'hôpital pendant un mois (3 semaines dans le coma) et les diagnostics suivant ont été posés : TCC sévère et paralysie spastique du bras gauche. Frédéric a ensuite été transféré à l'unité fonctionnelle intensive du centre de réadaptation de Sherbrooke. Après quelques semaines, il est rentré chez lui (chez ses parents).
Situation après l'accident	Un mois après son accident, sa copine l'a quitté. Frédéric est dépendant pour la réalisation de la majorité des activités complexes (ex : gestion du budget, conduite automobile, préparation de repas). Ainsi, ce sont ses parents qui prennent ces activités en charge.
Formation académique	Vu son état, il a laissé tomber ses études (l'équipe de réadaptation a statué qu'il est inapte pour continuer ses études).
Activités de base	Il est majoritairement autonome pour les activités de base, mais nécessite une assistance physique et verbale pour les soins d'hygiène considérant ses incapacités physiques (paralysie du bras gauche) et cognitives (difficulté à se mettre en action, oubli de laver certaines parties du corps). Depuis son accident, il passe toutes ses journées soit dans son lit soit devant la télévision.
Évaluation ergothérapique (Profil d'AVQ)	Le 15 février 2014, Frédéric a été évalué par un ergothérapeute. Il lui a été demandé de réaliser 3 tâches du profil des AVQ (préparer un repas chaud, téléphoner pour une information, s'acquitter d'une facture).
Premier contact avec l'ergothérapeute	Lors du premier contact avec l'ergothérapeute, Frédéric semble désinhibé (il commence à draguer l'ergothérapeute et lui propose d'aller dans sa chambre).
Première tâche (préparer un repas	Pour la première tâche (préparer un repas chaud), sa mère intervient avant le commencement pour dire à l'ergothérapeute qu'elle ne veut pas que Frédéric

chaud)	utilise les équipements électriques (cuisinière, micro-onde, four, etc.) en raison de la recommandation donnée par l'équipe de réadaptation à l'unité de réadaptation fonctionnelle intensive.
1. Formulation du but :	Pour remédier à ce problème, l'ergothérapeute demande à Frédéric de préparer le repas de son choix, mais que s'il doit utiliser un équipement de cuisson, elle lui offrira de l'assistance. Frédéric devient agressif et commence à crier (il veut être indépendant pour cette tache). Sa mère réussit à le calmer après 5 min, mais ensuite, Frédéric s'assied sur une chaise et ne fait rien. Il commence à parler de son accident. L'ergothérapeute lui rappelle le but de la tâche.
Explication de la raison de l'évaluation	À ce moment, Frédéric l'informe que ce n'est pas lui qui fait la cuisine habituellement, c'est sa mère. L'ergothérapeute lui mentionne qu'elle comprend, mais qu'elle désire voir comment il s'y prend pour préparer un repas considérant que c'est une tâche qu'il devra reprendre s'il veut réintégrer à nouveau son appartement. Elle le rassure en lui précisant que ce n'est pas grave s'il commet des erreurs.
Sélection du repas à préparer	À ce moment Frédéric l'informe qu'il pourrait préparer des spaghettis avec une sauce déjà préparée (car c'est simple). Mais il ne fait rien après et il recommence à draguer la thérapeute. Au bout de 10 min de conversation, l'ergothérapeute lui rappelle une deuxième fois le but.
2. Planification	Alors, il annonce son plan (il va faire bouillir l'eau, réchauffer la sauce, mettre les pâtes dans l'eau et attendre jusqu'elles soient prêtes).
3. Exécution de la tâche : - Recherche et utilisation des outils de cuisine pour la préparation de pâtes	Ensuite, Frédéric se met en action : • Il commence par chercher la casserole. Il ouvre presque tous les tiroirs du placard avant de trouver le bon tiroir et sortir la casserole. • Il met la casserole dans l'évier et la remplit (il ne peut utiliser qu'une seule main). • Il demande à l'ergothérapeute de mettre la casserole sur la cuisinière et d'ouvrir le feu au maximum.
- Recherche d'ingrédients pour la préparation de la sauce	• Frédéric cherche ensuite la sauce à spaghetti pendant 5 minutes. Il ne la trouve pas (il a même cherché dans la garde-robe). L'ergothérapeute lui montre l'emplacement du tiroir où se trouve la sauce. • Il sort la sauce en baillant. Il a eu beaucoup de mal à ouvrir le pot vu la paralysie au niveau de son bas gauche, c'est d'ailleurs l'ergothérapeute qui finit par l'ouvrir pour lui. • Par la suite, il sort la boîte de spaghettis qui se trouvait à côté de la sauce.
- Recherche des outils de cuisine pour la préparation de la sauce	Il cherche pendant 5 minutes une casserole pour réchauffer la sauce. Sa recherche est désorganisée. Entre temps l'eau bout déjà et commence à déborder de la casserole (Frédéric n'e l'a pas remarqué). Après quelques minutes, l'ergothérapeute lui donne des indices. Il s'aperçoit alors que l'eau déborde et met les pâtes. Il parle et il oublie de faire chauffer la sauce. Après 5 minutes, l'ergothérapeute donne des indices par rapport à la sauce. À ce

	moment, Frédéric verse la sauce dans la poêle et demande à l'ergothérapeute de la mettre sur le feu (mettre le feu à medium). Il remue les pâtes avec une cuillère en métal. L'ergothérapeute intervient en lui disant d'utiliser plutôt une cuillère en bois. Comme Frédéric a du mal à trouver les choses, il met 2 minutes avant de trouver une cuillère en bois. Il remue la sauce et lèche la cuillère pour goûter. L'ergothérapeute lui déconseille de remettre la cuillère dans la sauce avant de l'avoir lavée. Il met la cuillère dans l'évier et demande à l'ergothérapeute de sortir les pâtes.
Mettre la table	Fréderic sort alors les assiettes et les ustensiles. Il les met sur la table. Il sert les pâtes, mais il a oublié la sauce sur le feu et l'ergothérapeute a été obligé de ferme le rond du poêle. Après, il réalise qu'il a oublié la sauce sur le rond du poêle (mais il dit que ce n'est pas grave). Il sert la sauce.
Ranger la table après le repas	Après avoir mangé, l'ergothérapeute lui demande de ranger la table, mais il est fatigué (sa mère confirme qu'il est beaucoup plus fatigable qu'avant l'accident). Il se repose sur le divan pendant 30 minutes avant la prochaine tâche.
Deuxième tâche (téléphoner pour une information) 1. Formulation du but :	Après la petite pause, l'ergothérapeute demande à Frédéric de s'informer des horaires d'autobus pour le trajet Montréal-Toronto. Frédéric a beaucoup de mal à comprendre les instructions.
2. Planification	Après quelques minutes, il dit que si elle avait demandé ça l'année dernière avant son accident, il aurait cherché sur internet, mais que maintenant, il n'est plus capable d'utiliser internet (car il y a trop d'informations sur l'écran, rendant la recherche d'informations voulues difficile vu ses troubles d'attention). Frédéric ne donne pas de solution alternative, alors l'ergothérapeute intervient et commence à lui donner des pistes.
3. Exécution de la tâche	Après 5 minutes, il décide de chercher cette information en téléphonant à la compagnie d'autobus. Mais ensuite Frédéric lance un autre sujet de discussion. L'ergothérapeute lui rappelle le but. Cette intervention contrarie Frédéric et il devient un peu agressif verbalement en disant que ce n'est pas à elle de lui dicter ce qu'il doit faire. À ce moment, la maman de Frédéric intervient pour le calmer. En étant calme, Frédéric refuse de continuer l'évaluation (sa mère dit qu'il est devenu très têtu). La mère ainsi que l'ergothérapeute réussissent après 10 minutes à convaincre Frédéric de continuer l'évaluation. La mère lui apporte l'annuaire et elle dit qu'il peut trouver le numéro de la compagnie dans le livre, mais Frédéric a complètement oublié le but. L'ergo lui rappelle le but. Frédéric commence à ce moment à feuilleter le livre et à chercher le numéro. Après 2 minutes, il réussit à trouver la bonne page, mais n'arrive pas à trouver le bon numéro. Il commence à tout lire et à être distrait par tous les numéros.
4. S'assurer de l'attente du but	Après 15 minutes l'ergothérapeute lui montre le bon numéro (Frédéric insulte à ce moment l'ergothérapeute). Il prend le téléphone, compose le bon numéro

initial	et appelle (en cours d'appel, il s'aperçoit qu'il n'a pas pris de stylo ni de feuille pour noter alors il demande un stylo et un papier) et il note les horaires d'autobus (mais pas tous les horaires). Il donne la feuille avec les horaires à l'ergothérapeute.
Fin de l'évaluation	L'ergothérapeute décide d'arrêter l'évaluation, car le fait de rencontrer autant de difficultés le rend agressif verbalement.

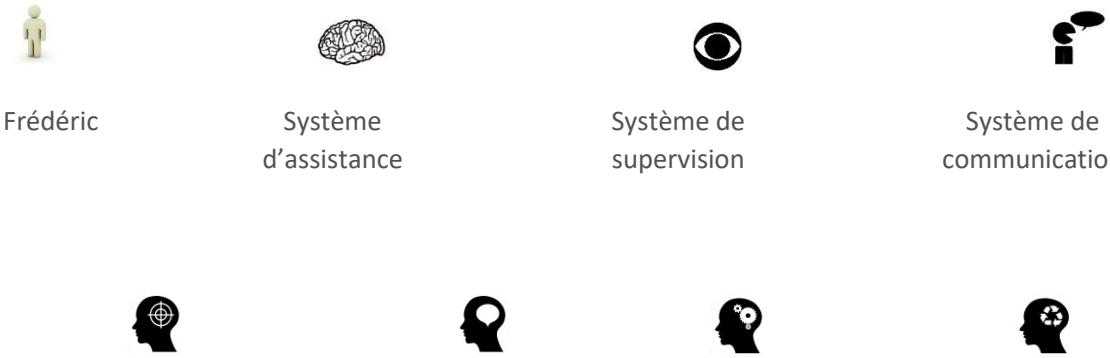
Validé par :

Nom	**Date**

C.2 Scénario avec l'assistance de COOK

Scénario avec assistant technologique d'aide à la cuisine

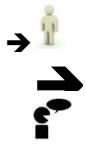
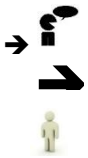
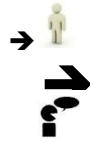
Patient : Frédéric Chauvin / **Sévérité du traumatisme crânien :** sévère



Formulation du but	Planification	Exécution	Vérification de But

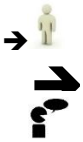
Étape	Sous-étape		
			Ce midi, Frédéric a envie de manger. Il remarque que sa mère est en train de jardiner, il ne veut donc pas la déranger. Alors, il décide de préparer son repas par lui-même. Il se rend donc à la cuisine et commence à réfléchir à ce qu'il aimerait manger.
			Détecte que : - Frédéric est dans la cuisine - Sa mère est dans le jardin - Son père est absent - Frédéric n'a pas mangé depuis 3 heures (Agenda)
			⇨ HAUT NIVEAU DE SÉCURITÉ (Le système d'assistance demande au système de communication d'être prêt à toute éventualité)

			Se prépare Demande au système de supervision l'emplacement exact de Frédéric Lance un scan sur le matériel de communication disponible qui existe et fonctionne : « *hardware scan* »
			Frédéric se dirige vers l'écran principal situé au-dessus de la cuisinière.
			Détecte que Frédéric ne fait rien durant 5 minutes
			Confirme que Frédéric n'a pas interagi avec l'orthèse
			Active le mode aide à la formulation de but Sélectionne la « *stratégie modalité spécifique* » afin d'attirer l'attention de Fréderic pour l'assister
			Active l'avatar en mode accueil : « Bonjour Frédéric, comment ça va ? »

			Frédéric répond en parlant ou en sélectionnant sur l'écran l'option « Je vais bien, merci ! ».
			Qu'est-ce que tu voudrais faire à la cuisine ? Le système de communication affiche quelques options : 1. Préparer un repas chaud 2. Boire une boisson 3. Rien
			Frédéric parle ou sélectionne sur l'écran l'option : « Je voudrais préparer un repas chaud. » 
			Informe que Frédéric a formulé son but
			Détecte que Frédéric ne fait rien pendant 3 minutes
			Active le mode aide à la planification  Applique la *« stratégie spécification de la tâche »* pour aider à Frédéric à identifier les éléments préalables à la sélection de la recette.

			Lance *« visual method »* en affichant sur l'écran principal : « Qu'est-ce que tu aimerais manger aujourd'hui ?»
5 minutes plus tard			
			Demande au système de communication de garder la même stratégie avec une gradation d'assistance
			Lance l' *« Avatar Method »* pour guider Frédéric à identifier les alternatives possibles de recettes L'avatar lance une conversation avec Frédéric : Avatar : « Quelles recettes tu pourras préparer avec les ingrédients que tu as actuellement ? » Frédéric : « Je ne sais pas » *Après deux minutes de réflexion* Avatar « Que pourrais-tu faire pour savoir quels ingrédients tu as ?» Frédéric « Je ne sais pas » Avatar : « Pourrais-tu aller vérifier au réfrigérateur les ingrédients qui sont disponibles ? »
			Frédéric ouvre le réfrigérateur et vérifie quels ingrédients sont disponibles.
			Choisi la *stratégie « Lists »* afin de guider la planification de la tâche

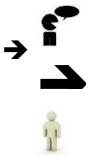
			Utilise le *« visual method »* pour afficher une liste d'ingrédients : « Pourrais-tu sélectionner les ingrédients que tu as vus dans le réfrigérateur ? »
			Frédéric fait la sélection des éléments sur la liste et valide.
			Compare les informations saisies par Frédéric avec les informations enregistrées dans le système
			Déclenche des mécanismes pour inciter Frédéric à cuisiner en affichant sur l'écran le livre des recettes avec des photos appétissantes Fréderic commence à feuilleter le livre de recettes sur l'écran principal Frédéric n'arrive pas à faire un choix
			Frédéric regarde les recettes proposées pendant 5 min sans faire un choix
			Passe à la *« Stratégie de réduction de stimuli »* pour diminuer le nombre de choix de recettes
			Diminution du nombre de recettes en activant la méthode *« mealaccording to ingredients » :*
10 minutes plus tard…			

			Frédéric n’a toujours pas choisi de recette
			Garde la même stratégie mais demande au système de communication de changer la gradation
			Applique le *« visual méthod »* Si Frédéric n’arrive toujours pas à faire un choix alors le système doit passer à *« vocal reminder »* avec la gradation (message vocal) « Veux-tu manger du bœuf, du poulet ou du poisson ? »
			Il sélectionne l’option « poulet »
			« Veux-tu manger du riz ou des pâtes ? »
			Il sélectionne l’option « riz »
			Diminue le nombre de recettes à 4

			Frédéric choisit le poulet aux légumes au four et du riz
			NIVEAU D'ASSISTANCE MAXIMAL car c'est la première fois que Fréderic prépare cette recette, aussi parce qu'il est seul à la maison.
			Frédéric regarde les étapes de la recette pendant 5 minutes sans pouvoir amorcer son plan d'action
			Active le mode aide à l'exécution Choisit la *« simplification de la tâche »* afin de réduire la quantité d'information présenté pendant l'exécution de la tâche
			Assiste Fédéric étape par étape en ne présentant pas toutes les informations dans la même page avec le *« visual méthod. »* Affiche l'option « Commencer la première étape : recherche des ustensiles »
			Frédéric choisit sur l'écran l'option « commencer la recherche d'ustensiles » Après chaque décision, les choix de Frédéric sont transmis au système d'assistance.

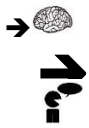
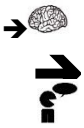
Recherche des ustensiles :

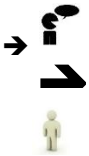
			Applique « *visual méthod* » avec la gradation image en affichant une image des ustensiles à rechercher.
			Frédéric débute alors la recherche des ustensiles. Il commence à ouvrir tous les tiroirs de la cuisine sans rien sortir.
			Il recherche la casserole, le plat et la cuillère en bois en même temps sans succès: il ressent de la colère face à cette situation.
			Détecte l'émotion de frustration et la communique au système d'assistance
			Choisit et envoie au système de communication une *«stratégie d'organisation »* liée à une *«stratégie de simplification de tâche »* pour organiser son plan de travail en étapes
			Garde la même stratégie mais affiche un seul ustensile à la fois avec son emplacement
Après plusieurs tentatives de recherche de la part de Frédéric…			
			Utilise une assistance verbale explicite à travers le *«vocal reminder»* avec un message personnalisé. « La casserole se trouve dans le deuxième tiroir en haut. »

			Pas de réaction de la part de Frédéric
			Utilise le *« light support »* À ce moment-là, le tiroir où il y a les ustensiles commence à clignoter.
			Comme Fréderic n’arrive pas à trouver le tiroir :
			Il lance l’avatar pour guider Frédéric jusqu’à ce qu’il trouve le tiroir
			Frédéric ouvre le tiroir
			Le système désactive le signal lumineux
L’orthèse garde les mêmes stratégies d’assistance pour tous les ustensiles			
			Frédéric sort tous les ustensiles

			Active le mode aide à la vérification Applique la *stratégie « self-question »* Elle permet d'encourager Frédéric à réfléchir, à s'autovérifier et à confirmer qu'il a actuellement tout ce dont il a besoin pour passer à l'étape suivante de la recette.
			Utilise *« visual method »* pour afficher un message : « Pourrais-tu vérifier que tous les ustensiles de cette liste sont placés sur le plan de travail ? »
			Frédéric fait la sélection des éléments sur la liste et valide.
			Confirme que tous les ustensiles sont bien placés sur le plan de travail en appliquant la reconnaissance d'objet
			Félicite Frédéric d'avoir réussi cette étape en utilisant le mode gratification
Recherche des ingrédients			

			Applique la « *stratégie d'association* » afin d'appliquer les mêmes stratégies d'assistance par ce que l'assistance a été efficace lors de la recherche des ustensiles
Préparation du poulet aux légumes			
			Frédéric se retrouve en face de tous les ustensiles et ingrédients qui sont sur la table.
			Détecte que Frédéric devient agité et confus 5 minutes sont passées et il ne sait pas comment procéder ni quels ingrédients utiliser.
			Active le mode aide à l'exécution Change de stratégie : Utilise la *stratégie « attention to doing »* pour l'aider à identifier les éléments clés à considérer pendant l'exécution de la préparation de poulet Utilise la *stratégie « Lists »* pour s'appuyer sur diverses ressources audio-visuelles dans chaque étape de la préparation de la recette

			Affiche l'étape de la recette avec une possibilité de rentrer pour voir plus en détail les ingrédients et les ustensiles à utiliser
			Frédéric n'arrive pas à faire l'étape.
			Détecte que son niveau d'anxiété est élevé ou que la durée d'une étape dépasse la limite de temps prévue
			Emploie la *stratégie «pacing »* pour lui donner un temps de repos (faire une pause, chanter, danser selon ses préférences) et diminuer son état de fatigue physique et mentale
			Applique le *« vocal reminder »* pour dire à Frédéric de se reposer et joue sa liste de lecture de musiques préférées pendant 30 minutes
Après 30 minutes de repos…			
			Applique une *« stratégie modalité spécifique »*

			Affiche l'avatar en mode « cuisiner » pour attirer son attention et lui rappeler où il s'est arrêté
			L'avatar va donc jouer le rôle d'un cuisinier *«the chef avatar»* et montrer à Fréderic la manière de faire pour reprendre la préparation de poulet.
			Ces stratégies ont permis de garder l'intérêt de Frédéric et l'ont motivé à finir avec succès la préparation du poulet aux légumes, car il a bien suivi les instructions du chef avatar.
			Cependant, une fois la préparation terminée : - Frédéric essaie d'allumer le four et de l'ouvrir pour mettre le plat, mais il ne peut pas (car l'orthèse assure la gestion d'utilisation de la cuisinière et bloque l'utilisation du four)
			Frédéric ne comprend pas les raisons qui l'empêchent de manipuler la cuisinière (anosognosie), ce qui provoque encore une fois un changement d'humeur.
			Affiche un message « Pour ta sécurité je vais m'occuper de la gestion d'électroménagers. S'il te plait, ne t'inquiète pas. »
			Montre à Frédéric que l'orthèse a lancé le préchauffage du four et qu'elle va gérer la température et le temps de cuisson Quand le four est chaud, le système de communication affiche : « Pourrais-tu maintenant mettre le plat au four ? ».

			Lance une reconnaissance d'objets pour être sûr que Fréderic a bien mis les gants de protection, sinon le système doit bloquer le four et lui demander de les mettre Fréderic a mis les gants de protection.
			Frédéric est très content, prend le plat, ouvre le four, dépose le plat et ferme le four.
			Affiche le temps de cuisson restant Lorsque le temps de cuisson sera écoulé, le système lancera un bip pour en informer Frédéric et lui indiquer qu'il peut retirer le plat de four.
			Active le mode aide à la vérification Applique la *stratégie « self-question »* pour encourager Frédéric à s'auto vérifier et à confirmer qu'il a fini la préparation du poulet aux légumes

			Utilise *« visual method »* « As-tu fini la préparation du poulet aux légumes ? »
			Fréderic choisit l'option « oui, j'ai fini la préparation du poulet aux légumes » et valide.
			Confirme qu'il a bien fini la préparation du poulet aux légumes
			Félicite Frédéric en utilisant le mode gratification
Préparation du riz			
			Frédéric démarre la préparation du riz
			Frédéric réussit la préparation de riz sans besoin d'assistance

			Vérifie tout le long de cette étape qu'il a bien réalisé la préparation de riz
			Active le mode aide à la vérification Applique la *stratégie « self-question »* pour encourager Frédéric à s'autovérifier et à confirmer qu'il a fini sa tâche
			Utilise *« visual method »* « As-tu fini la préparation du riz ?»
			Fréderic choisit l'option « Oui, j'ai fini la préparation du riz » et valide.
			Confirme que Frédéric a bien fini la préparation du riz

			Félicite Frédéric en utilisant le mode gratification.
À ce moment-là, le père de Frédéric arrive à la maison en voiture et klaxonne. Frédéric sort de la maison et oublie qu'il doit attendre pendant 15 minutes encore avant de retirer le plat du four. Il va rejoindre son père. Ensuite, ils commencent à parler, puis ils vont rejoindre sa mère au jardin.			
			Détecte que les trois personnes sont hors de la maison
			Le module de gestion des risques envoie un SMS aux parents de Frédéric pour les informer qu'il y a un plat au four et qu'il faudra le retirer dans 10 minutes. Il attend l'accusé de réception des parents. Si la confirmation n'est pas faite, le système arrêtera la cuisinière et le four.
Par la suite, ils entrent dans la maison et la minuterie de la cuisinière sonne.			
			Active le mode aide à la planification Lance une « *stratégie d'anticipation verbale* » pour prévenir Frédéric de se préparer avant le prochain événement.
			Utilise une « *stratégie d'entonnoir* » en allant du plus général au plus particulier pour demander l'utilisation des gants de protection.

			« As-tu besoin de quelque chose avant de retirer le plat du four? »
Il attend quelques secondes…			
			Relance un *« vocal reminder »*
			« Il faut que tu mettes les gants de protection pour sortir le plat du four. »
			Détecte qu'il les a mis (en utilisant la même stratégie) : ➔ Déclenche encore la sonnerie du four pour attirer l'attention de Frédéric. Fréderic sort le plat du four et le dépose sur la table.

			Active le mode aide à la vérification Applique la *stratégie « self-question »*, pour encourager Frédéric à s'auto vérifier et à confirmer qu'il a fini sa tâche.
			Utilise *« visual method »* « Sélectionne dans la liste les étapes que tu as finies: Préparation du poulet aux légumes et préparation du riz »
			Fréderic choisit les étapes réalisées et valides. Ainsi, il choisit l'option « J'ai finalisé ma tâche ».
			Confirme que Frédéric a bien finalisé sa tâche
			Félicite d'avoir réussi la préparation du repas en utilisant le mode gratification
Enfin, Frédéric a réussi son but et ses parents sont très contents de ses progrès.			

Annexe D

Validation externe des *personæ* et des deux scénarios

D.1 Grille d'évaluation des personæ

Nom :_____

Date :_____

Grille de validation du *personæ*

Patient : Fréderic Chauvin **Sévérité du traumatisme crânien :** Sévère

Selon vous, comment ce *personæ* est caractéristique d'une personne présentant un traumatisme crânien sévère, un an post accident, selon les critères identifiés ?

	Un peu	**Moyen**	**beaucoup**	**Suggestions de modification (s)**
Dossier médical				
– **Score initial au GCS**				
– **Amnésie post-traumatique (APT)**				
– **Période dans le coma**				
Facteurs environnementaux (physique/social)				
• **Milieu d'habitation**				
• **Rapport avec sa famille**				
• **Revenus (sécurité du revenu)**				
Incapacités				
• **Physiques**				
• **Cognitives :**				
– **Conscience**				
– **Mnésie**				
– **Fonctions exécutives**				
– **Pensée : capacité de réflexion**				
• **Affectives :**				
– **Changement émotionnel**				

• **Changement comportemental**				
• **Niveau de fatigue**				
Participation Sociale				
• **Réalisation des soins personnels**				
• **Réalisation des activités domestiques :**				
– **Préparation d'un repas chaud**				
– **Téléphoner pour obtenir une information**				
– **S'acquitter d'une facture**				
• **Loisirs**				
• **Travail**				
• **Insertion dans la communauté**				
• **Cohérence entre les incapacités et la participation sociale**				

Autres commentaires:_____

D.2 Grille d'évaluation de scénarios

Nom :_____

Date :_____

Grille de validation du scénario

Patient : Fréderic Chauvin **Sévérité du traumatisme crânien :** Sévère

Vous connaissez maintenant le *personæ.* Voici une situation réelle de préparation de repas dans laquelle nous l'avons fait vivre. Nous vous demandons de nous indiquer dans quelle mesure (un peu, moyen, beaucoup) cette situation correspond à la réalité clinique que vous rencontrez avec vos usagers.

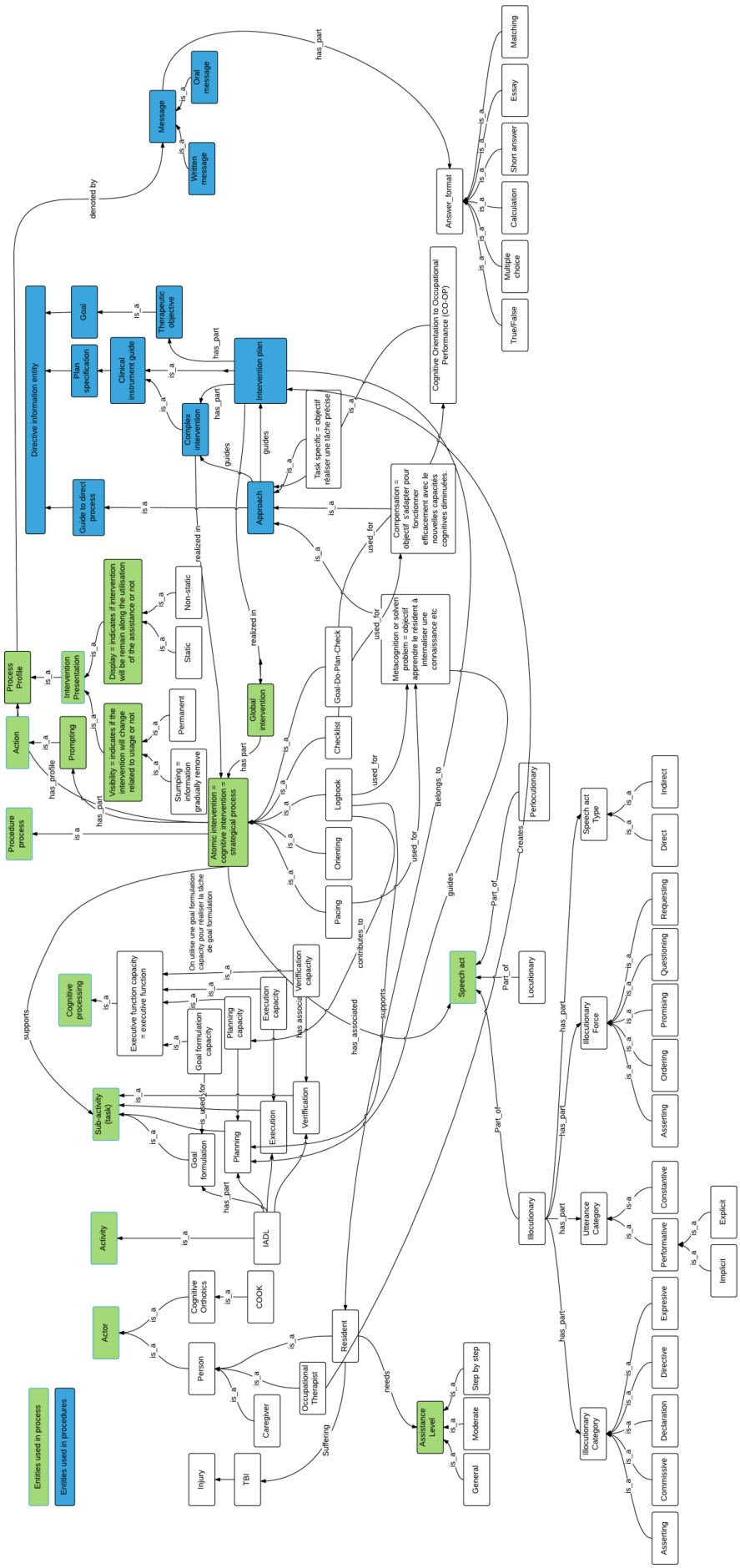
	Un peu	**Moyen**	**beaucoup**	**Suggestions de modification**
Incapacités				
• **Physiques**				
• **Cognitives :**				
– **Conscience**				
– **Mnésie**				
– **Fonctions exécutives**				
– **Pensée : capacité de réflexion**				
• **Affectives :**				
– **Vraisemblance des changements émotionnels et comportementaux**				
– **Réalisme des facteurs déclenchant les changements émotionnels/ comportementaux**				
• **Niveau de fatigue**				
Participation Sociale				
• **Réalisation des soins personnels**				
• **Réalisation des activités domestiques :**				

– **Préparation d'un repas chaud**				
– **Téléphoner pour obtenir une information**				
– **S'acquitter d'une facture**				
• **Cohérence entre les incapacités et la participation sociale**				
• **Réalisme des interventions de l'ergothérapeute**				

Autres commentaires:_____

Annexe E

Modèle d'assistance cognitive (Chapitre 4)


Entities used in process
Entities used in procedures
Directive information entity
Plan specification
Goal
Guide to direct process
Clinical instrument guide
Therapeutic objective
Complex intervention
Intervention plan
Approach
Task specific = objectif réaliser une tâche précise
Cognitive Orientation to Occupational Performance (CO-OP)
Compensation = objectif s'adapter pour fonctionner efficacement avec le nouvelles capacités cognitives diminuées.
Metacognition or solvent problem = objectif approprier la student à internaliser une connaissance etc
Message
Oral message
Written message
Answer_format
Matching
Essay
Short answer
Calculation
Multiple choice
True/False
denoted by
has_part
Process Profile
Action
Procedure process
Intervention Presentation
Promping
Display = indicates if intervention will be remained during the diffusion of the assistance or not
Volatility = indicates if the intervention will change related to usage or not
Non-static
Static
Permanent
Stumping = information gradually remove
Atomic intervention = cognitive intervention = strategical process
Global intervention
Goal-Do-Plan-Check
Checklist
Logbook
Orienting
Pacing
realized in
has_profile
Cognitive processing
Executive function capacity = executive function
Goal formulation capacity
Planning capacity
Execution capacity
Verification capacity
On utilise une goal formulation capacity pour réaliser la tâche de goal formulation
Sub-activity (task)
Goal formulation
Planning
Execution
Verification
IADL
Activity
Actor
Cognitive Crptocs
COOK
Person
Caregiver
Occupational Therapist
Resident
Injury
TBI
Suffering
needs
Assistance Level
General
Moderate
Step by step
supports
has_associated
has associated
contributes_to
used_for
guides
Belongs_to
Part_of
Creates
Speech act
Locutionary
Perlocutionary
Illocutionary
Speech act Type
Direct
Indirect
Illocutionary Force
Requesting
Questioning
Promising
Ordering
Asserting
Utterance Category
Constantive
Performative
Explicit
Implicit
Illocutionary Category
Expresive
Directive
Declaration
Commissive
Asserting

Annexe F

Tests d'utilisabilité de l'assistant culinaire

Tests d'utilisabilité de l'assistant culinaire

Introduction

Contexte

Le logiciel que vous allez évaluer aujourd'hui a été développé dans le cadre d'un projet subventionné par les Projets de Recherche Concertée en Santé (PRCS) et financé par l'Institut de Recherche en Santé du Canada (IRSC) et le Conseil en Recherches en Sciences naturelles et en Génie (CRSNG). Ce projet s'intitule « Milieu d'hébergement intelligent pour la clientèle ayant une déficience physique avec prédominance cognitive : de l'implantation à l'évaluation ».

Le logiciel développé (c.-à-d. « Mon assistant culinaire » - ***mon AC***) vise la reprise de la préparation de repas par les personnes atteintes de Traumatismes Cranio Cérébraux (TCC) de façon sécuritaire. Il doit permettre aux TCC de mettre en place des bonnes habitudes en préparation de repas et de limiter les erreurs. Toutefois, il vise aussi à répondre plus largement à l'activité de préparation de repas pour le plus grand nombre.

Actuellement ***mon AC*** offre la possibilité de cuisiner de deux façons différentes.

- La première façon offerte est de cuisiner avec le livre de recette de ***mon AC***.
- La seconde façon est de cuisiner selon un mode libre où la personne pourra également créer son propre livre de recette.

Le logiciel que vous allez tester permet d'assister les personnes dans la préparation de repas et d'assurer leur sécurité. À terme, l'outil offrira : 1) une nouvelle façon de cuisiner en se connectant au site de cuisine Ricardo, 2) la possibilité de préparer son épicerie, et 3) sera également connecté à l'environnement pour permettre à ***mon AC*** de proposer des interventions contextualisées…

Objectif de l'évaluation

Aujourd'hui vous allez tester l'ensemble des fonctionnalités disponibles à partir de scénarios établis à l'avance. L'objectif de cette évaluation est de recueillir vos appréciations et d'identifier les difficultés d'utilisation potentielles des fonctionnalités de ce prototype. Les résultats de cette évaluation permettront de suggérer et d'apporter les corrections et évolutions nécessaires pour la version finale du logiciel.

C'est l'application qui est évaluée, ce n'est pas vous qu'on évalue. Par ailleurs l'ensemble des données recueillies sera anonymisées lors des analyses.

➢ Fournir les formulaires de consentement et les faire signer.

Identification du participant

1. Sexe : ☐ Homme ☐ Femme
2. Année de naissance : _____
3. Quel est votre diplôme le plus élevé : _____
4. Fonction professionnelle occupée : _ _____ depuis (années ou mois) _____
5. Fréquence d'utilisation de la technologie de type tablette tactile sur un mois :

	1	2	3	4	5	6	7	
Pas du tout	○	○	○	○	○	○	○	Tout le temps

6. Avez-vous une ou des difficultés personnelles qui pourraient limiter l'usage de la technologie ?

   ☐ Oui ☐ Non

   Si oui, merci de préciser laquelle/lesquelles : _____

7. Fréquence à laquelle vous préparer des repas dans une semaine :

	1	2	3	4	5	6	7	
Jamais	○	○	○	○	○	○	○	Tout le temps

8. Avez-vous une ou des difficultés personnelles qui pourraient limiter la préparation d'un repas ?

   ☐ Oui ☐ Non

   Si oui, merci de préciser laquelle/lesquelles : _____

Scenarios

Consignes

Le test utilisateur va se dérouler en 3 temps.

1. Une phase de familiarisation (5 minutes) : L'interface de l'outil vous est présentée brièvement.
2. Une phase de manipulation (40 à 60 minutes – 2 scénarios de 25 à 35 minutes) : À partir de tâches définies à l'avance qui vous seront fournies. Vous aurez la liberté de les consulter ou non, selon vos habitudes ou le type de difficultés que vous rencontrerez. Dans la mesure du possible, nous ferons en sorte de ne pas répondre directement à vos interrogations, et de vous laisser le plus autonome possible dans la découverte de l'outil. Nous vous invitons à vous exprimer à haute voix, sentez-vous libre de faire tout type de commentaire (appréciations, questions, ressenti, etc.).
3. Une phase de questionnaire et de bilan (15 à 25 minutes) : Pour nous amener à faire une synthèse de ce que vous aurez observé, réalisé et apprécié ou non lors de ce test.

Familiarisation

(Prérequis : présenter la capture d'écran avec les zones actives pendant la présentation)

Au cours de cette étape, le testeur ne manipule pas l'outil. L'évaluateur présente de manière succincte les 4 zones qui constituent l'assistant culinaire (zone de temps, zone des options disponibles en tout temps ainsi que le bouton de retour à l'accueil, contenu, fil d'Ariane).

Attention certaines fonctionnalités ne sont pas encore fonctionnelles.

Scenarii

Scenario d'usage 1(35 minutes) – Mode avec le livre de recettes

Mise en situation

Vous êtes invité(e) au laboratoire du DOMUS pour préparer un repas. Vous choisissez de faire la recette « Pâté Chinois » qui est dans le livre de recettes.

Par ailleurs, au cours de la recette vous aurez à accomplir les tâches suivantes dans l'ordre qui vous plaira.

Liste des tâches à accomplir

Avant de commencer la recette

1. Ouvrir l'application
2. Réaliser une recette maintenant
3. Écrire une pensée sur un post-it ou une tâche dont vous devriez vous rappeler

Pendant la réalisation de la recette

4. Simuler la réalisation de la recette
5. Consulter les règles de sécurité
6. Regarder comment bien cuire vos aliments
7. Choisir un accompagnement pour votre recette
8. Choisir vos épices pour votre recette
9. Écrire des notes (ex. une idée de recette que vous voudriez faire cette semaine)
10. Programmer une minuterie

11. Programmer une pause
12. Vous vous êtes coupé(e) et vous avez besoin d'assistance, comment procédez-vous ?

Après la réalisation de la recette

13. Attribuer une cote à votre recette
14. Regarder comment gérer la conservation des restes de votre repas
15. Commenter votre recette
16. Évaluer votre performance
17. Quitter l'application

Maintenant, merci de simuler dans la cuisine du DOMUS votre activité (ex. les déplacements pour sortir les ustensiles et les ingrédients) **en pensant à parler à haute voix** pour indiquer ce que vous faites et à quoi vous pensez.

Scenario d'usage 2 (25 minutes) – Mode libre

Mise en situation

Vous êtes invité au laboratoire du DOMUS pour préparer un repas. Vous décidez de faire une recette que vous connaissez sans le livre de recette de l'assistant culinaire. La recette est relativement simple (ex. œufs et du bacon avec des pâtes, réchauffer une pizza, petits pois avec une saucisse etc.)

Liste des tâches à accomplir

1. Enregistrer la recette que vous allez faire
2. Simuler la réalisation de la recette

Maintenant, merci de simuler dans la cuisine du DOMUS votre activité (ex. les déplacements pour sortir les ustensiles et les ingrédients) en pensant à parler à haute voix pour indiquer ce que vous faites et à quoi vous pensez.

Questionnaire sur l'expérience utilisateur

AttrakDiff (Hassenzahl, Burmester & Koller, 2003)

Afin d'évaluer le produit, s'il vous plaît remplir le questionnaire ci-dessous. Il se compose de paires opposées de propriétés que l'assistant culinaire peut avoir. La gradation entre les contraires sont représentés par des cercles. En cochant l'un de ces cercles, vous pouvez exprimer votre approbation d'un concept.

Exemple :

Attractif	○	⊗	○	○	○	○	○	Rébarbatif

Cette réponse montre que vous jugez le site plus attractif que rébarbatif.

Répondez le plus spontanément possible.
S'il vous plaît donnez toujours une réponse. Même si vous n'êtes pas sûr de l'évaluation.
Il n'y a pas de « bonne » ou de « mauvaise » réponse ; seul votre avis compte !

Dites-nous maintenant ce que vous pensez du logiciel ***Mon assistant culinaire*** (une seule réponse possible par qualité/défaut).

	1	2	3	4	5	6	7		
Humain	○	○	○	○	○	○	○	Technique	1
M'isole	○	○	○	○	○	○	○	Me sociabilise	2
Plaisant	○	○	○	○	○	○	○	Déplaisant	3
Original	○	○	○	○	○	○	○	Conventionnel	4
Simple	○	○	○	○	○	○	○	Compliqué	5
Professionnel	○	○	○	○	○	○	○	Amateur	6
Laid	○	○	○	○	○	○	○	Beau	7
Pratique	○	○	○	○	○	○	○	Pas pratique	8
Agréable	○	○	○	○	○	○	○	Désagréable	9
Fastidieux	○	○	○	○	○	○	○	Efficace	10
De bon goût	○	○	○	○	○	○	○	De mauvais goût	11
Prévisible	○	○	○	○	○	○	○	Imprévisible	12
Bas de gamme	○	○	○	○	○	○	○	Haut de gamme	13
M'exclut	○	○	○	○	○	○	○	M'intègre	14
Me rapproche des autres	○	○	○	○	○	○	○	Me sépare des autres	15
Non présentable	○	○	○	○	○	○	○	Présentable	16
Rebutant	○	○	○	○	○	○	○	Attirant	17
Sans imagination	○	○	○	○	○	○	○	Créatif	18
Bon	○	○	○	○	○	○	○	Mauvais	19
Confus	○	○	○	○	○	○	○	Clair	20
Repoussant	○	○	○	○	○	○	○	Attrayant	21
Audacieux	○	○	○	○	○	○	○	Prudent	22
Novateur	○	○	○	○	○	○	○	Conservateur	23
Ennuyeux	○	○	○	○	○	○	○	Captivant	24
Peu exigeant	○	○	○	○	○	○	○	Challenging	25
Motivant	○	○	○	○	○	○	○	Décourageant	26
Nouveau	○	○	○	○	○	○	○	Commun	27
Incontrôlable	○	○	○	○	○	○	○	Maîtrisable	28

Questionnaire sur l'utilisabilité

Échelle d'utilisabilité d'un système (SUS) (Brooke, 1993; 2013)	**1 =Pas du tout d'accord 5 =Tout à fait d'accord**				
	1	2	3	4	5
1. Je pense que j'aimerais utiliser ce logiciel fréquemment.	○	○	○	○	○
Justifier :					
2. J'ai trouvé le logiciel inutilement complexe.	○	○	○	○	○
Justifier :					
3. J'ai trouvé ce système facile à utiliser.	○	○	○	○	○
Justifier :					
4. Je pense que j'aurais besoin d'un support technique pour être capable d'utiliser ce système.	○	○	○	○	○
Justifier :					
5. J'ai trouvé que les différentes fonctions de ce logiciel étaient bien intégrées.	○	○	○	○	○
Justifier :					
6. J'ai trouvé qu'il y avait trop d'incohérences dans ce logiciel.	○	○	○	○	○
Justifier :					
7. Je suppose que la plupart des gens apprendraient très rapidement à utiliser ce logiciel.	○	○	○	○	○
Justifier :					

8. J'ai trouvé ce logiciel très contraignant à utiliser.	○	○	○	○	○
Justifier :					
9. Je me suis senti(e) très confiant(e) en utilisant ce logiciel.	○	○	○	○	○
Justifier :					
10. J'ai dû apprendre beaucoup de choses avant de me sentir familiarisé(e) avec ce logiciel.	○	○	○	○	○
Justifier :					

Commentaires

Avez-vous des commentaires à ajouter sur le déroulement des tests et/ou du logiciel Mon assistant culinaire ?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

MERCI pour votre participation !

Contacts : fanny.le.morellec@usherbrooke.ca ou Catherine.D.Laliberte@usherbrooke.ca